

17-2001-0328

ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ: ΣΤΕΓ
ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ - ΑΛΙΕΙΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ / Μ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΩΝ
ΖΩΩΝ
ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΟΥΣ

Ανανιάδου Κορίνα
Μπούκλα Ειρήνη
Σπυροπούλου Πηνελόπη

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ / Μ

Επιβλέπων Καθ. : Ιωάννης Δαρλαμήτσος

Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ -
Αριθμ. Εισαγωγής 510

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ Ι	1
ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	2
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ.....	2
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	2
1.2. ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΤΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	4
Αλατότητα.....	4
Χαλικώδες Υπόστρωμα.....	5
Οξυγόνωση.....	7
pH.....	11
Θερμοκρασία.....	11
Τοξικές Επιπρόσθετες Ουσίες.....	12
1.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ (CARRYING CAPACITY).....	13
1.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΤΡΙΠΤΟΝ (DETRITUS).....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	19
ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ.....	19
2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	19
2.2. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΙ.....	19
Μέγεθος Χαλικιού.....	20
Συσώρευση Τριπτόν.....	20
Σχήμα Χαλικιού.....	20
Διαβάθμιση.....	20
Ομοιόμορφη Κατανομή του Χαλικιού.....	21
2.3. ΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΩΣ ΕΝΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ.....	21
Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποτελεσματικότητα.....	21
Καθαρισμός.....	22
2.4 ΤΑΧΕΑ ΦΙΛΤΡΑ ΑΜΜΟΥ.....	23
Αρχές Λειτουργίας.....	23
Φίλτρα Αμμου-Κενού.....	24
Φίλτρα Αμμου-Πίεσεως.....	25
Τεχνικές Εξοικονόμησης Νερού - Εφαρμογή στα Ταχεία Φίλτρα Αμμου.....	25
Καθαρισμός.....	25

2.5 ΦΙΛΤΡΑ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ (D.E.).....	26
Αρχές Λειτουργίας.....	26
(DE) Φίλτρα Κενού με Γη Διατόμων.....	27
(DE) Φίλτρα Πίεσης με Γη Διατόμων.....	27
2.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΔΕ ΦΙΛΤΡΩΝ.....	28
Επίστρωμα.....	28
Τροφοδοσία του Φίλτρου με Γη Διατόμων.....	29
Επιφάνεια του Φίλτρου.....	29
Καθαρισμός.....	29
2.7 ΑΠΟΦΡΑΞΗ ΔΙΧΤΙΩΝ ΦΙΛΤΡΟΥ.....	30
Οδηγίες Διάγνωσης και Επιδιόρθωσης.....	30
Κατεργασίες.....	31
2.8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	36
ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ.....	36
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.....	36
Απομάκρυνση των Διαλυμένων Οργανικών μέσω Προσρόφησης.....	37
3.2 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ.....	38
Ενεργός Ανθρακας.....	38
Ρητίνες Ιοντοανταλλαγής.....	42
3.3 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	45
Airstripping (Απομάκρυνση με τη βοήθεια του αέρα).....	45
3.4 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ.....	48
Οζον.....	48
Υπεριώδης Ακτινοβολία.....	49
3.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.....	50
ΚΕΦ. 4.....	52
ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	52
4.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΟΡΩΝ.....	52
Ρυθμιστικές Ουσίες (Buffers).....	52
Αλκαλικότητα (Βασικότητα).....	52
Σκληρότητα.....	52

pH	53
Ανθρακικά και Δισανθρακικά ιόντα.....	53
4.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΣΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ.....	53
Αντίδραση του Ελεύθερου Διοξειδίου του Ανθρακα με το Νερό.....	54
Αντίδραση των Ανθρακικών Αλάτων με Ελεύθερο Διοξείδιο και Νερό...54	
Διαδικασίες Βακτηριακής Αναγωγής.....	55
4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ.....	55
pH	56
Παρουσία Μαγνησίου.....	56
Ελεύθερο Διοξείδιο του Ανθρακα.....	58
Επικάλυψη των Ανθρακικών σωματιδίων με διαλυμένα Οργανικά.....	58
Οργανικά Φωσφορικά.....	58
4.4 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΡΗ: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΣΤΑΔΙΑΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΡΗ.....	59
Διαλυμένα Οργανικά.....	59
Διαδικασίες Βακτηριακής Οξειδωσης.....	60
4.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΡΗ.....	61
ΜΕΡΟΣ ΙΙ	63
ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΖΩΑ.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	64
ΑΝΑΠΝΟΗ.....	64
5.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ.....	64
Θερμοκρασία.....	64
Αλατότητα.....	64
Επιφανειακή Ανάδευση.....	65
5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	66
Επιπτώσεις στην Αναπνοή.....	66
Θερμικός Εγκλιματισμός.....	67
5.3 ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΝΟΗ.....	69
Διοξείδιο του Ανθρακα.....	69
Αλατότητα.....	70
Μέγεθος των Ζώων.....	71
Ηλικία των Ζώων.....	71
Φωτοπερίοδος.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	72
ΑΛΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	72
6.1 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ, ΧΛΩΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ.....	72
Ορισμοί.....	72
Σχετιζόμενοι Παράγοντες.....	73
Φυσιολογικές Τιμές.....	73
6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	73
6.3 ΤΟΞΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	74
Η Σπουδαιότητα ενός Ισορροπημένου Μέσου Καλλιέργειας.....	74
Τοξικά αποτελέσματα των Βαρέων Μετάλλων.....	75
Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Δηλητηρίαση λόγω Βαρέων Μετάλλων.....	77
6.4 ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ.....	78
Ανάμιξη των Συστατικών.....	79
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....	83
ΤΟΞΙΚΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ.....	83
7.1 ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	83
7.2 ΑΜΜΩΝΙΑ.....	83
Πρέλευση της Αμμωνίας στο Νερό Καλλιέργειας.....	83
Μηχανισμοί Τοξικότητας της Αμμωνίας.....	84
Επιπτώσεις της Τοξικότητας της Αμμωνίας.....	85
7.3 ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ.....	87
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....	89
ΠΡΟΛΗΨΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	89
8.1 ΑΝΟΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	90
8.2 ΠΡΟΛΗΨΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	91
Ακατέρηστο Νερό.....	92
Προσβεβλημένα Ζώα.....	93
Ζωντανή Τροφή.....	93
8.3 ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΑΓΩΓΗ.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.....	95
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	95
9.1 ΑΜΜΩΝΙΑ (ΣΑΝ ΟΛΙΚΑ NH ₄ ⁺).....	96
9.2 ΝΙΤΡΩΔΗ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΑ.....	97
9.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ.....	98
9.4 ΔΙΑΛΥΤΟ ΟΞΥΓΟΝΟ.....	98

ΜΕΡΟΣ Ι

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

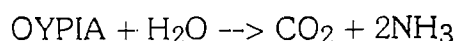
ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Τρεις μορφές φιλτραρίσματος χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια κλειστού συστήματος: η βιολογική, μηχανική και χημική. Η σημαντικότερη απ' αυτές είναι η βιολογική.

Βιολογικό φιλτράρισμα ορίζεται ως η ανοργανοποίηση των οργανικών νιτρογενών ενώσεων, η νιτροποίηση και απονιτροποίηση από βακτήρια, που υπάρχουν αιωρούμενα στο νερό και είναι προσκολλημένα στο καλκώδες υπόστρωμα της στήλης του φίλτρου.

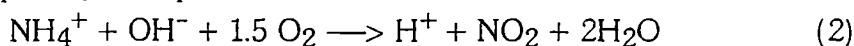
Τα ετερότροφα και αυτότροφα βακτήρια είναι οι σημαντικότερες ομάδες που υπάρχουν στα συστήματα καλλιέργειας. Τα ετερότροφα είδη χρησιμοποιούν σαν πηγές ενέργειας, οργανικές αζωτούχες ενώσεις που αποβάλλονται από τα ζώα και τις οποίες μετατρέπουν σε απλές ενώσεις, όπως η αμμωνία. Η ανοργανοποίηση των παραπάνω οργανικών ενώσεων αποτελεί την αρχική φάση του βιολογικού φιλτραρίσματος. Αυτό επιτυγχάνεται σε δύο στάδια: α) *αμμωνιοποίηση*, που αποτελεί την διάλυση των πρωτεϊνών και νουκλειϊκών οξέων και παραγωγή αμινοξέων και οργανικών αζωτούχων βάσεων και β) *απαμίνωση*, όπου μία ποσότητα οργανικών ενώσεων καθώς και μέρος των προϊόντων της αμμωνιοποίησης μετατρέπονται σε ανόργανες ενώσεις. Ένα παράδειγμα αυτού του τελευταίου σταδίου είναι η διάσπαση της ουρίας (1) σε διοξείδιο του άνθρακα και μη ιονισμένη αμμωνία. (Αυτή η αντίδραση μπορεί να προχωρήσει σαν μία καθαρά χημική διαδικασία, αλλά η απαμίνωση των αμινοξέων και των σχετικών ουσιών απαιτούν την παρουσία βακτηρίων.)



Μετά την ολοκλήρωση της ανοργανοποίησης των οργανικών ενώσεων από τα ετερότροφα βακτήρια, το βιολογικό φιλτράρισμα περνάει στο δεύτερο στάδιο, την νιτροποίηση. *Νιτροποίηση* είναι η βιολογική οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρώδη και των νιτρώδων σε νιτρικά, με την βοήθεια αυτότροφων βακτηρίων, όπως φαίνεται στην *Εικ. 1*. Αυτοί οι οργανισμοί, σε αντίθεση με τους ετερότροφους, απαιτούν ανόργανα

υποστρώματα σαν πηγή ενέργειας και χρησιμοποιούν το διοξείδιο του άνθρακα ως μοναδική πηγή άνθρακα.

Οι Νιτρομονάδες και τα Νιτροβακτήρια είναι τα βασικά νιτροποιητικά βακτήρια στα συστήματα καλλιέργειας. Οι νιτρομονάδες οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη (2) και τα νιτροβακτήρια οξειδώνουν τα νιτρώδη σε νιτρικά (3). Και οι δύο αντιδράσεις παρουσιάζουν πτώση ελεύθερης ενέργειας. Η σημασία των αντιδράσεων 2 και 3 είναι η μετατροπή της τοξικής αμμωνίας σε νιτρικά.



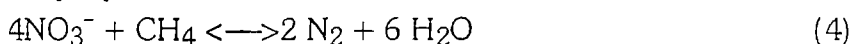
$$\Delta G^0 = -59.4 \text{ Kcal}$$



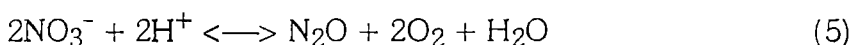
$$\Delta G^0 = -18.0 \text{ Kcal}$$

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο στην διαδικασία βιολογικού φιλτραρίσματος είναι η *απονιτροποίηση*. Αυτή η διαδικασία ορίζεται από τον Vaccaro (1965) ως η βιολογική αναγωγή των νιτρωδών και νιτρικών είτε σε οξείδιο του αζώτου είτε σε ελεύθερο άζωτο (Εικ. 1). Η απονιτροποίηση μπορεί προφανώς να πραγματοποιηθεί είτε από ετερότροφα είτε από αυτότροφα βακτήρια. Μπορεί επίσης να γίνει κάτω από αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες. Ο Kawai *et al.* (1964) ανακάλυψε ότι περίπου τα μισά αναερόβια βακτήρια ενός θαλάσσιου συστήματος μπορούν να ανάγουν τα νιτρικά.

Η απονιτροποίηση παρουσιάζει μία πτώση σε ελεύθερη ενέργεια όταν το υδρογόνο προέρχεται από μία οργανική πηγή (4). Όμως αν η αντίδραση προχωρήσει με απλό ιονισμό δεν υπάρχει απώλεια ενέργειας (5). Και οι δύο αντιδράσεις, 4 και 5, πιθανώς συμβαίνουν στις σπύλες των φίλτρων.



$$\Delta G^0 = -475 \text{ Kcal}$$



$$\Delta G^0 = + 21 \text{ Kcal}$$

Η απονιτροποίηση είναι εμφανής σε παλαιό νερό καλλιέργειας, όταν τα χαμηλά επίπεδα των νιτρωδών παραμένουν ενώ το επίπεδο των νιτρικών μειώνεται.

Η ανοργανοποίηση, νιτροποίηση και απονιτροποίηση αποτελούν μέρη του κύκλου του αζώτου. Οι μηχανισμοί είναι οι ίδιοι στο φυσικό περιβάλλον και σε συνθήκες καλλιέργειας. Τα αποτελέσματα όμως όχι. Η φυσική διασπορά των ζώων στο φυσικό περιβάλλον, σαν τρόπος αντιμετώπισης του περιβαντολογικού στρες, δεν μπορεί να αναπαρχθεί στις συνθήκες αιχμαλωσίας. Τα αιχμαλωτισμένα ζώα βρίσκονται στο έλεος του περιορισμένου περιβάλλοντος τους και οι ζωές τους εξαρτώνται από τον ρυθμό των ζωτικών μετατροπών, που προαναφέρθηκαν.

1.2. ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΤΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΤΟΥ ΦΙΛΤΡΟΥ

Αλατότητα

Οι Zobell and Michener (1938) αναρωτήθηκαν εάν υπάρχουν θαλάσσια βακτήρια και είδη του γλυκού νερού. Ανακάλυψαν ότι πολλές από τις θαλάσσιες μορφές μπορούν επίσης να αναπτυχθούν στο γλυκό νερό. Πολλά μπορούν να επιβιώσουν με απευθείας μεταφορά από το θαλασσινό νερό. Επιπλέον, 12 είδη που εκ πρώτης όψης φάνοιταν να είναι θαλάσσια βακτήρια μετατράπηκαν επιτυχώς σε είδη του γλυκού νερού, δια σταδιακής αραιώσης του μέσου καλλιέργειας με βαθμό αύξησης 5%.

Οι νιτροποιητές ανήκουν στη κατηγορία αυτή, που δεν μπορεί να υποστεί ξαφνική μεταβολή. Οι Kawai *et al.* ανακάλυψαν ότι οι νιτροποιητικές δραστηριότητες σ' ένα θαλάσσιο σύστημα ήταν μεγαλύτερες όταν το θαλασσινό νερό είχε κανονική αλατότητα. Η νιτροποίηση ελαττώθηκε όταν το διάλυμα ήταν αραιωμένο ή συμπυκνωμένο, παρ'όλο που κάποια δραστηριότητα παρέμεινε ακόμα και μετά το διπλασιασμό της αλατότητας.

Η νιτροποίηση στο γλυκό νερό ήταν μεγαλύτερη πριν από την προσθήκη χλωριούχου νατρίου. Στην συνήθη πυκνότητα του θαλασσινού νερού η νιτροποίηση στο σύστημα γλυκού νερού σταμάτησε εντελώς.

Οι Kuhl and Mann (1962) απέδειξαν ότι η νιτροποίηση πραγματοποιείται ταχύτερα στο γλυκό νερό απ'ότι στο θαλασσινό, ενώ παράγονται μεγαλύτερες ποσότητες νιτροδών και νιτρικών στο θαλασσινό νερό. Οι Kawai *et al.* (1964) είχαν επίσης αποδείξεις του παραπάνω γεγονότος, όπως φαίνεται στην Εικ. 2.

Τα βακτήρια στο φίλτρο μπορούν να προσαρμοστούν σε βαθμιαίες αλλαγές της αλατότητας, αλλά όχι σε ξαφνικές διακυμάνσεις. Όταν η αλατότητα αλλάζει ταχέως, πολλά βακτήρια σκοτώνονται και ο μεταβολισμός των επιζώντων προσωρινά καταστέλλεται. Μεσολαβεί ένα χρονικό διάστημα, που οι επιζώντες οργανισμοί προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες. Εν τω μεταξύ η αμμωνία συσσωρεύεται. Στις περισσότερες περιπτώσεις η πλήρης προσαρμογή απαιτεί μερικές μέρες, που επαρκούν για να φτάσει η αμμωνία σε επίπεδα τοξικά για τα ζώα.

Στα θαλάσσια συστήματα, η εξάτμιση από την επιφάνεια προκαλεί σταδιακή αύξηση της αλατότητας. Δεν είναι σωστή τακτική, να επιτρέπεται αύξηση της αλατότητας σε μεγάλο βαθμό προτού εισαχθεί επιπρόσθετο νερό. Αν το ειδικό βάρος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της πυκνότητας του μέσου, και η ένδειξη 1.025 θεωρείται ως σημείο αναφοράς για το θαλασσινό νερό (Ενότητα 6.1), τότε το σύστημα δεν επιτρέπεται να ποικίλλει πέρα του 0.002.

Η διατήρηση της αλατότητας σε σταθερά επίπεδα, στα υφάλμυρα νερά είναι πιο δύσκολη. Οι αραιώσεις του θαλασσινού νερού πρέπει να γίνονται σε ξεχωριστό δοχείο και το νερό να προστίθεται στο σύστημα λίγο-λίγο. Πρέπει να επιτραπεί πλήρης ανακύκλωση του συστήματος, πριν να ακολουθήσει και άλλη προσθήκη νερού. Η ξεχωριστή ανάμειξη του επιπρόσθετου νερού περιορίζει τα λάθη στο δοχείο και η ισορροπία του συστήματος δεν διακινδυνεύει. Επίσης η αρχική αραιώση του θαλασσινού νερού μειώνει την πιθανότητα διακύμανσης της αλατότητας σε ένα ήδη αραιωμένο μέσο.

Παλιό νερό δικτύου πρέπει να χρησιμοποιείται για την ανασύσταση του γλυκού και του θαλασσινού νερού. *Πεπαλαιωμένο νερό δικτύου* είναι το νερό δικτύου που έχει παραμείνει σε ανοικτό δοχείο, τουλάχιστον για 3 ημέρες και έχει αποβάλλει το χλώριο κατόπιν αερισμού.

Χαλικώδες Υπόστρωμα

Οι Kawai *et al.* (1964) προσδιόρισαν ότι οι νιτροποιητές στη στήλη του φίλτρου είναι 100 φορές πιο πολλοί από τους αιωρούμενους στο νερό. Αυτό δείχνει πως σημαντικός παράγοντας για τη νιτροποίηση ήταν ο αριθμός των διαθέσιμων επιφανειών για την προσκόλληση των βακτηρίων. Η μεγαλύτερη επιφάνεια σε ένα σύστημα καλλιέργειας παρέχεται από τους κόκκους του χαλικιού.

Υπάρχουν επίσης αποδείξεις ότι τα συσσωρευμένα αδιάλυτα σωματίδια παρέχουν επιπρόσθετες επιφάνειες και διευκολύνουν τη νιτροποίηση. Σύμφωνα με τον Saeki (1958), το 25% της όλης νιτροποίησης, στα συστήματα καλλιέργειας, το πραγματοποιούν τα βακτήρια που προσκολλούνται στα αδιάλυτα σωματίδια. Σε πειράματα που παρουσίασαν οι Kawai *et al.* (1965) 1 g επιφάνειας άμμου μεταφέρθηκε από ένα παλιό θαλάσσιο σύστημα και ξεπλύθηκε με προσοχή με καθαρό θαλασσινό νερό. Μετά από αυτό, το 40% της ικανότητας νιτροποίησης είχε χαθεί. Όταν άλλο ένα γραμμάριο ξεπλύθηκε, βίαια αυτή τη φορά, το 66% της ικανότητας νιτροποίησης είχε χαθεί και αυτό που έμεινε μειώθηκε κατά 14 % μετά από ένα δεύτερο ξέπλυμα. Τα στοιχεία αυτά αποδεικνύουν δύο πράγματα: I) ότι μια σημαντική ποσότητα των νιτροποιητών είναι προσκολλημένη στην επιφάνεια της άμμου και II) το βίαιο ξέπλυμα προκαλεί την αποκόλλησή τους από το χαλικώδες υπόστρωμα.

Το μεγαλύτερο μέρος της νιτροποίηση πραγματοποιείται στα ανώτερα στρώματα του υποστρώματος. Οι Kawai *et al.* (1965) βρήκαν ότι υπήρχαν 10^5 οξειδωτές αμμωνίας ανά γραμμάριο άμμου, στο πάνω μέρος του φίλτρου σε ένα θαλάσσιο σύστημα, και ότι ο αριθμός των οξειδωτών νιτρικών ιόντων ήταν 10^6 . Σε βάθος μόνο 5 cm ο πληθυσμός κάθε τύπου έπεφτε κατά 90%.

Αφού η μεγαλύτερη βιολογική δραστηριότητα σε ένα στρώμα φίλτρου συγκεντρώνεται στα ανώτερα επίπεδα, τα συστήματα πρέπει να σχεδιάζονται με την προϋπόθεση ύπαρξης επιφάνειας, παρά με βάση τον όγκο του νερού. Για παράδειγμα, το σύστημα Α αποτελείται από τα εξής μεγέθη: μήκος 2 πόδια, πλάτος 2 πόδια, και βάθος 4 πόδια. Στο σύστημα Β το μήκος είναι 4, το πλάτος 2 και το βάθος 2 πόδια. Και τα δύο είναι εξοπλισμένα με πλάκες καλκίδους υποστρώματος και η περιοχή του φίλτρου είναι ίδια σε σχέση με το σύστημα. Και τα δύο συστήματα συγκρατούν τον ίδιο όγκο νερού αλλά το Β υποστηρίζει μεγαλύτερο ζωικό φορτίο, καθώς η επιφάνεια του φίλτρου είναι διπλάσια σε μέγεθος.

Το μέγεθος του καλκιδίου είναι σημαντικό. Μικρά καλκίδια έχουν περισσότερη επιφάνεια για την προσκόλληση βακτηρίων συγκρινόμενα με μεγάλα καλκίδια ισοδύναμου βάρους. Για παράδειγμα, 6 κύβοι, βάρους 1 oz ο καθένας, έχουν συνολικά 36 μονάδες επιφάνειας ενώ ένας κύβος βάρους 6 oz έχει μόνο έξι επιφάνειες, μεγαλύτερες από την επιφάνεια των μικρότερων κύβων. Η συνολική επιφάνεια των 6 κύβων (1 oz) είναι 3.3 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια του κύβου των 6 oz.

Η ανακύκλωση μέσω του φίλτρου δυσχεραίνεται όταν οι κόκκοι επικάλυψης είναι πολύ μικροί. Καθώς αυξάνονται τα αδιάλυτα σωματίδια και καλύπτουν την επιφάνεια της στήλης, σχηματίζονται κάθετα κανάλια και το νερό ακολουθεί αυτά τα μονοπάτια της ελάχιστης αντίστασης. Το αποτέλεσμα είναι ακανόνιστη οξυγόνωση και δημιουργία ανοξικών περιοχών όπου εμποδίζεται η ανάπτυξη των αερόβιων βακτηρίων. Για το λόγο αυτό ή άμμος ή πολύ λεπτό καλίκι είναι ανεπιθύμητα. Χαλίκι μεγέθους 2-5mm είναι το καλύτερο για τα περισσότερα συστήματα (Saeki, 1958).

Το σχήμα των καλκιδίων είναι επίσης σημαντικό. Πολυγωνικά καλκίδια έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από αυτά σφαιρικού σχήματος. Μια σφαίρα έχει την μικρότερη επιφάνεια ανά μονάδα όγκου από οποιοδήποτε άλλο γεωμετρικό σχήμα. Ανώμαλα, πολυγωνικά καλκίδια είναι προτιμητέα από τις λείες μορφές.

Η στήλη του φίλτρου είναι μια μόνιμη εγκατάσταση. Τα καλκίδια δεν πρέπει ποτέ να απομακρυνθούν από το σύστημα και να πλυθούν. Το πλύσιμο απομακρύνει το τριπτόν (βλ. ήπιο κάτω), το οποίο υποστηρίζει ένα μεγάλο πληθυσμό νιτροποιητών. Επίσης, αποκολλά βακτήρια από την επιφάνεια των καλκιδίων. Στις περιπτώσεις απόλυτης ανάγκης πλυσίματος του καλκιδίου αυτό πρέπει να γίνεται απευθείας μέσα στο σύστημα με καθαρό νερό της ίδιας αλατότητας. Στα θαλάσσια συστήματα, πρέπει να χρησιμοποιείται καθαρό θαλασσινό νερό, σε υφάλμυρα και γλυκού νερού συστήματα πρέπει να χρησιμοποιείται καθαρό υφάλμυρο νερό και πεπαλαιωμένο νερό δικτύου, αντίστοιχα.

Οξυγόνωση

Η στήλη του φίλτρου μπορεί να παρομοιαστεί με ένα τεράστιο αναπνέοντα οργανισμό. Όταν λειτουργεί κανονικά καταναλώνει μια σημαντική ποσότητα οξυγόνου. Η κατανάλωση οξυγόνου από μικροοργανισμούς στη στήλη καλείται BOD (Βιολογική Απαίτηση σε Οξυγόνο). Κατά το φιλτράρισμα, το BOD υπολογίζεται σε όρους OCF (Οξυγόνο Καταναλισκόμενο κατά το Φιλτράρισμα).

Το OCF είναι εν μέρει λειπουγία της νιτροποίησης. Ο Hirayama (1965) έδειξε ότι όταν το BOD ήταν υψηλό, στη στήλη του φίλτρου, ένας μεγάλος πληθυσμός νιτροποιητών ήταν εν ενεργεία. Ο Hirayama φιλτράρισε θαλασσινό νερό καλλιέργειας δια μέσου μιας στήλης άμμου που προερχόταν από ένα παλιό φίλτρο. Πρίν μπει στη στήλη, τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου στο νερό ήταν 6.48 mg/L. Μετά το πέρασμά του από μια στήλη άμμου 48 cm, μειώθηκε σε 5.26 mg/L. Παράλληλα, η αμμωνία μειώθηκε από 238 σε 140 mg/L και τα νιτρώδη από 183 σε 112 mg/L.

Τόσο αερόβια όσο και αναερόβια βακτήρια βρέθηκαν στη στήλη του φίλτρου, αλλά σε καλά αεριζόμενα συστήματα κυριαρχούν οι αερόβιες μορφές. Ο Kawai *et al.* (1965) έδειξαν ότι η νιτροποίηση ήταν πιο αποτελεσματική όταν η μερική πίεση του οξυγόνου ήταν υψηλή, παρόλο που κάποια μετατροπή της αμμωνίας και των νιτρωδών σημειώθηκε ακόμη και σε πολύ χαμηλές μερικές πιέσεις οξυγόνου. Αυτό αληθεύει κυρίως στα συστήματα γλυκού νερού, στα οποία παρατηρήθηκε ουσιαστική επιτάχυνση της οξείδωσης των νιτρωδών σε νιτρικά. Αντίθετα, στα θαλάσσια συστήματα φαίνεται να είναι λιγότερο αποτελεσματική κάτω από συνθήκες μειωμένης πίεσεως οξυγόνου.

Η δράση των αναερόβιων βακτηρίων παρεμποδίζεται από την παρουσία οξυγόνου και επαρκής ανακύκλωση διαμέσου της στήλης του φίλτρου κρατά σταθερό τον αριθμό τους. Όταν όμως η πίεση του οξυγόνου στο σύστημα μειώνεται τα αναερόβια πολλαπλασιάζονται. Πολλοί από τους μεταβολίτες τους είναι τοξικοί.

Τόσο η αμμωνιοποίηση όσο και η απαμίνωση λαμβάνουν χώρα κάτω από αναερόβιες συνθήκες αλλά οι μηχανισμοί και τα τελικά προϊόντα είναι διαφορετικά. Στις αναερόβιες συνθήκες οι ακολουθείται το μεταβολικό μονοπάτι της ζύμωσης παρά της οξείδωσης. Κατά την αμμωνιοποίηση αυτό οδηγεί στη δημιουργία οργανικών οξέων αντί βάσεων, μαζί με διοξείδιο του άνθρακα και αμμωνία. Αυτές οι ουσίες μαζί με το υδροθείο, μεθάνιο και πολλές άλλες είναι αυτές που προκαλούν στο φίλτρο τις γνωστές δυσάρεστες οσμές αποσύνθεσης.

Ο ρυθμός ανακύκλωσης, ή ρυθμός με τον οποίο το νερό κινείται διαμέσου του συστήματος, δεν πρέπει να πέφτει ποτέ κάτω από 1 gsfm (γαλόνι ανά κυβικό πόδι ανά λεπτό), σε συστήματα των διακοσίων γαλονιών και άνω. Αυτός ο ρυθμός κρατά το οξυγόνο κοντά στο επίπεδο κορεσμού πάντα κάτω από κανονικές συνθήκες καλλιέργειας. Ρυθμός ανακύκλωσης 1 gsfm είναι πολύ γρήγορος για συστήματα

μικρότερα των 200 γαλονιών. Σ' αυτά τα συστήματα, ο ρυθμός πρέπει να προσαρμόζεται εκεί όπου το διαλυμένο οξυγόνο (Ενοτ. 9.4) είναι κοντά στο επίπεδο κορεσμού με μια ελάχιστη επιφανειακή ανάδευση.

Η αντλία υποπίεσης αέρος (airlift) είναι το λιγότερο προβληματικό μέσο για την κίνηση του νερού μέσα από ένα βιολογικό φίλτρο. Τα πλεονεκτήματα της έναντι μηχανικών αντλιών είναι:

- 1) Χαμηλότερο αρχικό κόστος
- 2) Ευκολότερη συντήρηση (μια αντλία υποπίεσης δεν έχει ανεξέρτητα εξαρτήματα)
- 3) Εύκολη εγκατάσταση
- 4) Εύκολη μεταφορά
- 5) Δεν φράζει
- 6) Απαιτεί μικρό χώρο αποθήκευσης
- 7) Απλότητα σχεδίου
- 8) Εύκολη κατασκευή
- 9) Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από τις φυγοκεντρικές αντλίες όταν λειτουργούν σε χαμηλό ύψος και μεγάλο βάθος.
- 10) Εύκολη ρύθμιση του ρυθμού ροής
- 11) Πολύπλευρη εφαρμογή

Μια αντλία υποπίεσης αέρα (airlift) είναι κυρίως ένα κάθετος σωλήνας. Στις καλλιέργειες, ένα μέρος του σωλήνα προεκτείνεται κάτω από την πλάκα του φίλτρου, που βρίσκεται κάτω από το καλίκι, και το υπόλοιπο πάνω από αυτή. Ένα μέρος του προεξέχει πάνω από την επιφάνεια του νερού. Αυτό απεικονίζεται στην Εικ.3.

Όταν ο σωλήνας βυθίζεται στο νερό σε κάθετη θέση, τα επίπεδα μέσα και έξω από τον σωλήνα είναι σε ισορροπία. Ο αέρας είναι ελαφρύτερος από το νερό και όταν αέρας εισάγεται στο χαμηλότερο σημείο του σωλήνα δημιουργεί φυσαλίδες και ανέρχεται. Κατά την άνοδο, δημιουργεί ένα μίγμα αέρα και νερού το οποίο είναι ελαφρύτερο από το νερό μόνο του. Το μίγμα αέρα και νερού μέσα στον σωλήνα είναι συνεπώς ελαφρύτερο από το νερό έξω από τον σωλήνα και η ισορροπία ανατρέπεται. Όταν συμβαίνει αυτό, βαρύτερο νερό, που προέρχεται από κάτω από την πλάκα του φίλτρου, μετακινείται στο χαμηλότερο άκρο του σωλήνα. Όσο ο αέρας συνεχίζει να εισέρχεται, δεν υπάρχει ποτέ ισορροπία και το μίγμα αέρα νερού χύνεται έξω από την κορυφή του σωλήνα.

Ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει την αποτελεσματικότητα μιας αντλίας υποπίεσης αέρα είναι η επί τοις εκατό καταβύθιση του σωλήνα. Ο όγκος του αέρα που χρειάζεται για να λειτουργήσει η αντλία, αυξάνεται όσο μειώνεται η επί τοις εκατό καταβύθιση. Η μέγιστη απόδοση επιτυγχάνεται σε 100% καταβύθιση.

Η επί τοις εκατό καταβύθιση είναι ένας απλός υπολογισμός. Στην Εικ. 4 εάν η απόσταση ανάμεσα στην είσοδο του αέρα και το σημείο διοχέτευσης (Α έως C) είναι ίση με τρία πόδια και ο σωλήνας (Α έως Β) είναι ένα πόδι τότε:

$$\frac{3 \text{ mt} - 1 \text{ ft}}{3 \text{ ft}} = 66 \% \text{ καταβύθιση}$$

Οι σχέσεις μεταξύ της επί τοις εκατό καταβύθισης, δυναμικότητας και ρυθμού ανανέωσης και οι διάμετροι των σωλήνων νερού και των σωλήνων αέρα για τις αντλίες υποπίεσης, με πλευρικές εισόδους αέρα, δίνονται στον Πιν. 1. Σαν γενικός κανόνας ισχύει ότι ο διπλασιασμός της διαμέτρου του σωλήνα της αντλίας αυξάνει την δυναμικότητα κατά 5.6 φορές.

Η αντλία υποπίεσης είναι λιγότερο αποτελεσματική όταν ο όγκος του εισερχόμενου αέρα υπερβαίνει τη δυναμικότητα του σωλήνα. Αυτή η μη αποδοτικότητα μπορεί εύκολα να πρατηρηθεί από τον ήχο του αέρα που διαφεύγει από την κορυφή. Αυτό μπορεί να ξεπεραστεί ελαττώνοντας τη ροή του αέρα από τον συμπιεστή. Το απορρέον νερό πρέπει να βγει στην επιφάνεια σε ένα λείο ομοιόμορφο ρεύμα. Αν αναβλύζει ορμητικά, μπορεί να αποδοθεί σε ένα από τους δύο παράγοντες: είτε ο όγκος του αέρα είναι πολύ μεγάλος για τη διάμετρο του σωλήνα και το μεγαλύτερο μέρος του αέρα διαφεύγει απευθείας από το νερό στην ατμόσφαιρα είτε η επί τοις εκατό καταβύθιση του σωλήνα δεν είναι αρκετά μεγάλη.

Η μεγαλύτερη αποδοτικότητα επιτυγχάνεται με διάχυση του αέρα που εισέρχεται στο σωλήνα. Σε μικρά συστήματα όπου η διάμετρος του σωλήνα είναι μια ιντσα ή λιγότερο, μια πέτρα είναι αρκετή για τη διάχυση του αέρα. Σε μεγαλύτερους σωλήνες, διαφράγματα από PVC με πολυάριθμες μικρές τρύπες πρέπει να τοποθετούνται στο τέλος του σωλήνα αέρα, στο σημείο διοχέτευσής του μέσα στο σωλήνα νερού.

Δυο βασικά σχέδια αντλιών υποπίεσης χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες:

Η κεντρική γραμμή αέρος (γραμμή αέρος μέσα στο σωλήνα νερού) και η παράπλευρη γραμμή αέρος. Και οι δύο θεωρούνται κατάλληλες. Δυο παραλλαγές κάθε τύπου απεικονίζονται στην Εικ. 5.

Το υποκείμενο, του καλικοιού, μέρος του φίλτρου αποτελείται από μια διάτρητη πλάκα που κρατά το στρώμα του καλικοιού πάνω από τον πυθμένα της δεξαμενής. Όταν χρησιμοποιείται σε συνδιασμό με μια αντλία υποπίεσης, η αποδοτικότητά του για υποστήριξη βιολογικού φιλτραρίσματος στη στήλη του φίλτρου δεν μπορεί να ξεπεραστεί με κανένα.

Η παροχή οξυγόνου διαμέσου της στήλης καλικοιών είναι εύκολη και αποδοτική με τη χρήση φιλτραρίσματος μέσω της πλάκας. Αποξυγονωμένο νερό από την αναπνοή των ζώων και OCF παίρνεται από κάτω από την πλάκα και χύνεται πίσω πάνω από την

επιφάνεια του συστήματος καλλιέργειας, όπου επανοξυγονώνεται. Αυτό απεικονίζεται στην Εικ. 3.

Μια αποτελεσματική πλάκα πρέπει να καλύπτει όλο τον πυθμένα της δεξαμενής και πρέπει να στεγανοποιείται σε όλες τις γωνίες και κατά μήκος των άκρων όπου συναντά τα τοιχώματα της δεξαμενής. Η κατάλληλη στεγανοποίηση επιτυγχάνει δύο πράγματα: Πρώτα, εξαφανίζει νεκρές περιοχές στο χαλίκι όπου αναερόβια βακτήρια μπορούν να αναπτυχθούν και να παράγουν βλαβερές ουσίες (πλάκες που καλύπτουν μόνο ένα τμήμα του πυθμένα είναι ανεπιθύμητες γι' αυτό το λόγο) και δεύτερο, προλαμβάνει το πέρασμα του χαλικιού κάτω από την πλάκα με αποτέλεσμα να εμποδίζει τη ροή του νερού στην αντλία υποπίεσης. Η πλάκα είναι αποτελεσματική μόνο όταν σχηματίζει ένα φεύτικο πυθμένα που διαχωρίζει το στρώμα χαλικιού από τον κανονικό πυθμένα.

Η πλάκα του φίλτρου πρέπει να είναι αρκετά γερή ώστε να μην καταρρεύσει κάτω από το βάρος του χαλικιού. Οι πλάκες του εμπορίου είναι κατάλληλες για μικρότερα συστήματα, αφού οι περισσότερες από αυτές είναι ενισχυμένες για μεγαλύτερη αντοχή. Σε μεγαλύτερα συστήματα, όπου χρειάζεται ειδική κατασκευή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα αδρανές υλικό για να στηρίξει την πλάκα κατά διαστήματα, για παράδειγμα, τούβλα επικαλυμμένα με ρητίνη ή εποξική μπογιά. Η ίδια η πλάκα πρέπει να κατασκευάζεται από κάποιο αδρανές υλικό. Τα μέταλλα είναι ανεπιθύμητα. Το fiberglass είναι προτιμότερο γιατί είναι αδρανές, αδιάβρωτο, ισχυρό και σχετικά φθινό. Είναι επίσης ευκολόχρηστο.

Σε μεγάλα συστήματα είναι καλύτερα να γίνεται η πλάκα από εύκολα προμηθευόμενα υλικά, ώστε να μειώνεται το κόστος. Ένα από τα καλύτερα υλικά είναι το fiberglass σκεπών που μπορεί να βρεθεί σε παλιατζίδικα και εταιρίες προμήθειας υλικών οικοδομής. Τα φύλλα είναι συνήθως 2 x 8 ft. Ο καλύτερος τρόπος διάτρησης του είναι να περαστούν από επιτραπέζιο πριόνι εξοπλισμένο με ειδική λεπίδα για την κοπή του συγκεκριμένου υλικού. Οι σχισμές πρέπει να είναι σε απόσταση μιας ίντσας μεταξύ τους. Είναι απαραίτητο να σχιστεί μόνο μια πλευρά της πλάκας. Οι κορυφές στην άλλη πλευρά της πλάκας πρέπει να μείνουν ως έχουν. Το νερό μπορεί να περνά ελεύθερα από τις καταφορικές πλευρές των κορυφών και να διέρχεται τις σχισμές καταλήγοντας στα δοχεία, όπως φαίνεται στην Εικ. 3. Αν δεν υπάρχει επιτραπέζιο πριόνι, μπορούν να ανοιχθούν τρύπες στην πλάκα με ένα μικρό τρυπάνι και ένα ηλεκτρικό τρυπάνι χειρός. Τα διαστήματα ανάμεσα από τις τρύπες πρέπει να είναι περίπου 1 in.

Η διατρήσεις στην πλάκα πρέπει να είναι μικρότερες από το χαλίκι, διαφορετικά θα περνά από κάτω.

Η πλάκα πρέπει να εφαρμόζει καλά στη δεξαμενή έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος στεγανοποίησης γύρω από τα άκρα. Η πλάκα πρέπει να τοποθετηθεί με τις σχισμές

προς τα κάτω πάνω στα υποστηρίγματα και να ελεγχθεί πως όλες οι περιοχές έχουν την ίδια απόσταση από τον πυθμένα του δοχείου.

Για την πιο αποτελεσματική στεγανοποίηση χρησιμοποιείται η General Electric ή Dow Corning σιλικόνη. Αυτή απλώνεται με ένα πιστόλι κατά μήκος των ραφών μεταξύ της πλάκας και των τοιχωμάτων του πυθμένα. Ταινία από fiberglass μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενώσει τα μεγάλα κενά μεταξύ της πλάκας και του τοιχώματος. Οι άκρες της ταινίας πρέπει να εισχωρήσουν στο υλικό στεγανοποίησης.

Η πλάκα πρέπει να λειτουργήσει για 24 τουλάχιστον ώρες μετά την εγκατάσταση, προτού προστεθεί χαλίκι και νερό. Το νερό μπορεί να παρεμποδίσει το στέγνωμα της σιλικόνης και το βάρος του χαλικιού μπορεί να σπάσει τη στεγανοποίηση κατά μήκος των άκρων.

pH

Οι Kawai *et al.* (1965) έδειξαν ότι η μείωση του pH από 9.0 ήταν περισσότερο επιζήμια στη νιτροποίηση σε θαλασσινά συστήματα από ότι στα συστήματα γλυκού νερού. Αυτό, το απέδωσαν στις συνηθισμένες χαμηλότερες τιμές pH των γλυκών νερών.

Ο Saeki (1958) είπε ότι η μετατροπή της αμμωνίας στα συστήματα γλυκού νερού παρεμποδίζεται από χαμηλό pH. Η ιδανική τιμή είναι 7.8. Η μετατροπή των νιτροδών γίνεται γρήγορα σε pH 7.1 και συνέστησε ένα εύρος από 7.1-7.8 για καλλιέργειες σε γλυκό νερό.

Στα θαλάσσια συστήματα το εύρος pH για τη νιτροποίηση είναι 7.5-8.3.

Θερμοκρασία

Ο Bedford (1933) βρήκε ότι η πλειοψηφία των βακτηρίων στο θαλάσσιο νερό αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες από -5 έως 37 °C. Η καλύτερη ανάπτυξη φαίνεται να παρουσιάζεται στις υψηλότερες τιμές. Αυτή η κατάσταση απεικονίζει την δυνατότητα των βακτηρίων να αντέχουν ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και παρόλα αυτά να συνεχίζουν τις λειτουργίες τους.

Ο ZoBell (1934) βρήκε ότι η νιτροποίηση γίνεται στα καλλιεργούμενα είδη στους -2 °C, παρόλο που ο βαθμός οξειδωσης μειώνεται σημαντικά. Ωστόσο, μετά από τις πρώτες εβδομάδες οι διαδικασίες οξειδωσης αυξάνονται προφανώς επειδή οι οργανισμοί προσαρμόζονται στο κρύο.

Στα θαλάσσια συστήματα, οι Kawai *et al.* (1965) ανακάλυψαν ότι η νιτροποίηση είναι πιο αποτελεσματική σε θερμοκρασίες από 30-35 C. Στα συστήματα γλυκού νερού,

η άριστη θερμοκρασία είναι 30 °C. Όταν οι θερμοκρασίες και στα δυο συστήματα μειώνονται, τα αποτελέσματα παρεμπόδισης είναι πολύ μικρότερα στο γλυκό νερό.

Η άριστη θερμοκρασία που θα επιλεγεί για ένα σύστημα, πρέπει να βασίζεται στις θερμικές απαιτήσεις των ζώων. Οι αλλαγές της θερμοκρασίας δεν επηρεάζουν δυσμενώς το φίλτρο. Για παράδειγμα, μια ξαφνική πτώση της θερμοκρασίας δεν επηρεάζει τους νιτροποιητές πέρα από το γεγονός μιας προσωρινής πτώσης του μεταβολισμού τους. Οι άριστες θερμοκρασίες, που δόθηκαν παραπάνω, για νιτροποίηση είναι οι υψηλότερες των ορίων αντοχής των περισσότερων υδρόβιων ζώων. Στη φροντίδα ρουτίνας του φίλτρου, η θερμοκρασία είναι ο λιγότερο κρίσιμος παράγοντας, παρόλο που είναι υπερβολικά σημαντικός για τα καλλιεργούμενα ζώα (Ενοτ. 5.2).

Τοξικές Επιπρόσθετες Ουσίες

Πολλές οργανικές και ανόργανες ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων των αντιβιοτικών, παρεμποδίζουν την νιτροποίηση (Tomlinson *et al.*, 1966). Η φορμόλη διακόπτει τη νιτροποίηση ακόμη και σε πολύ μικρή συγκέντρωση (Burrow & Combs, 1968). Όταν προστεθούν τοξικές ουσίες στο σύστημα καλλιέργειας, υπάρχει πιθανότητα δυο ανασταλτικών μηχανισμών: Είτε η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός των οργανισμών του φίλτρου καταστέλλονται είτε η ένωση δεν επιδρά στην ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό αλλά επηρεάζει το μεταβολισμό των κυττάρων και τα εμποδίζει να φτάσουν την πλήρη οξειδωτική του ικανότητα. Τα βακτήρια έχουν υψηλή ικανότητα προσαρμογής και οι επιδράσεις μιας συγκεκριμένης ένωσης στη νιτροποίηση είναι δύσκολο να προσδιοριστούν. Τέτοια μετρήσιμα αποτελέσματα περιπλέκονται περαιτέρω από τη χημική πολυπλοκότητα του "ζωντανού" νερού καλλιέργειας.

Τίποτε, που μπορεί να ανατρέψει τη λεπτή ισορροπία στη στήλη του φίλτρου, δεν πρέπει να προστίθεται στο σύστημα καλλιέργειας. Εάν άρρωστα ζώα χρειάζονται θεραπείες, πρέπει να μετακινηθούν από το σύστημα. Κανένα πλεονέκτημα δεν υπάρχει εάν απαλλαγεί το ζώο από τα παράσιτά του αλλά διακοπεί η διαδικασία του βιολογικού φιλτραρίσματος. Η αύξηση της αμμωνίας που ακολουθεί τη θεραπεία με αντιβιοτικά ή χαλκό, είναι συχνά αρκετή να σκοτώσει τα ζώα.

Η περιοχή καλλιέργειας πρέπει να προστατεύεται πλήρως από εξωτερικές μολύνσεις. Ο καπνός και τα εντομοκτόνα, για παράδειγμα, είναι τοξικά και μπορούν να εισέλθουν στο νερό από τον αέρα.

1.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΦΕΡΟΥΣΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ (CARRYING CAPACITY).

Μια σημαντική πλευρά του βιολογικού φιλτραρίσματος είναι η φέρουσα δυναμικότητα. *Φέρουσα δυναμικότητα* ορίζεται ως το ζωικό φορτίο που το σύστημα μπορεί να στηρίξει. Ο Hirayama (1966) κατέλειξε στον παρακάτω τύπο για τον υπολογισμό της φέρουσας δυναμικότητας ενός μικρού θαλάσσιου συστήματος.

$$\sum_{i=1}^p \frac{10W_i}{\frac{0.70}{V_i} + \frac{0.95 \times 10^3}{G_i D_i}} \geq \sum_{j=1}^p (B_j^{0.544} \times 10^{-2}) + 0.051F$$

Ο αριστερός όρος αντιπροσωπεύει την οξειδωτική ικανότητα της στήλης του φίλτρου (OCF) που μετριέται σε mg O₂ που καταναλώνονται ανά λεπτό, όπου W = η επιφάνεια του φίλτρου (m²), V = η ταχύτητα φιλτραρίσματος (cm/min), D = το πάχος του στρώματος των χαλικιών (cm) και p = ο αριθμός των φίλτρων που χρησιμοποιούνται στο σύστημα. Στον παραπάνω τύπο, το G αντιπροσωπεύει τον συντελεστή του μεγέθους των κόκκων των χαλικιών. Αυτός υπολογίζεται από:

$$\frac{1}{R_1} x_1 + \frac{1}{R_2} x_2 + \frac{1}{R_3} x_3 + \dots + \frac{1}{R_n} x_n$$

όπου R = το μέσο μέγεθος των κόκκων κάθε κλάσματος του χαλικιού στο φίλτρο (εάν υπάρχει διαβάθμιση μεγεθών) σε mm και x = το ποσοστιαίο βάρος κάθε κλάσματος.

Το δεξί μέρος της σχέσης Hirayama αντιπροσωπεύει το "ρυθμό μόλυνσης" του συστήματος από τα ψάρια. Μετριέται και αυτό σε mg O₂ που καταναλώνονται ανά λεπτό (mg/min) όπου B = το σωματικό βάρος κάθε ψαριού σε gr, F = η ποσότητα της τροφής που μπαίνει καθημερινά στο σύστημα σε gr, και q = ο αριθμός των ψαριών στο σύστημα.

Καθώς φαίνεται από τη σχέση Hirayama, η οξειδωτική ικανότητα (OCF) του συστήματος πρέπει να είναι μεγαλύτερη η τουλάχιστον ίση με το ρυθμό "μόλυνσης" από τα ψάρια, αν θέλουμε το σύστημα να δουλέψει καλά. Από τον τύπο, φαίνεται ότι για ένα δεδομένο αριθμό ψαριών, με δεδομένο συνολικό βάρος, όσο το βάρος αυτό καταμερίζεται σε μεγαλύτερο αριθμό ψαριών, η φέρουσα δυναμικότητα (ικανότητα φόρτισης) του συστήματος μειώνεται.

Στα αρχικά στάδια της νιτροποίησης παρατηρείται μία χρονική υστέρηση μεταξύ της μείωσης της αμμωνίας και της οξείδωσης των νιτρωδών. Αυτό οφείλεται στο ότι η ανάπτυξη των νιτροβακτηρίων (*Nitrobacter*) παρεμποδίζεται από την παρουσία της

αμμωνίας (Lees, 1952). Αποτελεσματική οξείδωση των νιτρωδών δεν λαμβάνει χώρα, εάν δεν μετατραπεί το μεγαλύτερο μέρος της αμμωνίας από τις νιτρομονάδες (*Nitromonas*).

Το υψηλό επίπεδο αμμωνίας που παρατηρείται σε ένα νέο σύστημα είναι το αποτέλεσμα της ανισορροπίας του αρχικού πληθυσμού μεταξύ ετερότροφων και αυτότροφων βακτηρίων. Όταν το καινούργιο σύστημα μπαίνει σε λειτουργία, η ανάπτυξη των ετερότροφων ειδών αρχικά υπερβαίνει την ανάπτυξη των αυτότροφων. Ένα μεγάλο μέρος της αμμωνίας, που παράγεται από την αμμωνιοποίηση και την απαμίνωση, χρησιμοποιείται από ένα μέρος του ετερότροφου πληθυσμού. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει μία απόλυτη διαχωριστική γραμμή μεταξύ ετερότροφων και αυτότροφων βακτηρίων, όσον αφορά στη χρησιμοποίηση της αμμωνίας, αφού πολλά από τα ετερότροφα είδη μπορούν επίσης να την χρησιμοποιήσουν ως πηγή ενέργειας. Η οξείδωση της αμμωνίας από τους νιτροποιητές προχωρά μόνον κατόπιν υποχώρησης και σταθεροποίησης του ετερότροφου πληθυσμού (Quastel & Scholefield, 1951).

Ο αριθμός των βακτηρίων σ' ένα καινούργιο σύστημα είναι σημαντικός παράγοντας μόνο μέχρι τη στιγμή της σταθεροποίησης κάθε τύπου. Ακολούθως, αυξήσεις των μεταβολικών δραστηριοτήτων των ανεξάρτητων κυττάρων αντισταθμίζουν το κόστος των διακυμάνσεων των πηγών ενέργειας, χωρίς όμως να υπάρχει επιπλέον αύξηση του αριθμού των κυττάρων. Η εργασία των Quastel και Scholefield (1951) έδειξε ότι οι πυκνότητες των πληθυσμών των νιτροποιητικών βακτηρίων, που καλύπτουν ένα δεδομένο αριθμό επιφανειών, είναι σχετικά σταθερές και ανεξάρτητες της ποσότητας της διαθέσιμης πηγής ενέργειας.

Η ολική δυνατότητα οξείδωσης του βακτηριακού πληθυσμού, σε ένα παλιό σύστημα, προσαρμόζεται στην σταθερή καθημερινή εισαγωγή οξειδώσιμων υποστρωμάτων. Απότομες αυξήσεις του αριθμού των ζών, του βάρους τους και της ποσότητας της τροφής που προστίθεται κάθε μέρα, μπορούν να επιφέρουν ανιχνεύσιμη άνοδο των επιπέδων αμμωνίας και νιτρωδών. Αυτά τα επίπεδα μπορούν να παραμείνουν, έως ότου τα βακτήρια έρθουν σε ισορροπία στις καινούργιες συνθήκες.

Το σημείο μέχρι το οποίο αυξάνεται η αμμωνία και τα νιτρώδη, εξαρτάται από το πόσο το προστιθέμενο φορτίο έχει πιέσει την φέρουσα δυναμικότητα του συστήματος. Εάν η αύξηση του φορτίου ζών και τροφής είναι ακόμα μικρότερη της μέγιστης δυναμικότητας του συστήματος, τότε η ισορροπία στις νέες συνθήκες συνήθως επιτυγχάνεται μέσα σε 3 μέρες, στα συστήματα ζεστού νερού και μετά από ένα λίγο μεγαλύτερο διάστημα σε αυτά του κρύου νερού. Εάν όμως, το επιπρόσθετο φορτίο οδηγεί το σύστημα πέραν της μέγιστης φέρουσας δυναμικότητας του, τότε το αποτέλεσμα είναι να αυξηθούν μόνιμα τα επίπεδα αμμωνίας και νιτρωδών.

Η αμμωνιοποίηση, απαμίνωση, νιτροποίηση και απονιτροποίηση, είναι διαδικασίες που ακολουθούν η μία την άλλη, λίγο πολύ μέσα σε ένα καινούργιο σύστημα. Όταν το

σύστημα παλιώσει, συμβαίνουν όλες ταυτόχρονα. Σε ένα παλιό σύστημα, η μετρήσιμη αμμωνία (σαν συνολικό NH_4^+) είναι λιγότερη από 0.1 ppm και τα μετρήσιμα νιτρώδη είναι το αποτέλεσμα της απονιτροποίησης. Τα επίπεδα αυτά παραμένουν σταθερά και δεν υπάρχουν διαστήματα υστέρησης στις διαδικασίες μετατροπής γιατί όλες οι πηγές ενέργειας οξειδώνονται ταυτόχρονα.

Είναι καλύτερα να υπεραποζημιώνουμε ένα σύστημα όταν το προετοιμάζουμε. Δηλαδή να το ετοιμάζουμε ώστε να είναι ικανό να δεχτεί λίγο μεγαλύτερο ζωικό φορτίο από αυτό που θα φέρει μετέπειτα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να περιορίζει αυτές τις μετέπειτα αυξήσεις των επιπέδων αμμωνίας.

Μόνο ανθεκτικά ζώα πρέπει να χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία και παλαίωση ενός συστήματος. Ζώα που είναι πολύ επιρρεπή σε δηλητηριασμό από αμμωνία, δεν πρέπει να προστίθενται προτού η νιτροποίηση ολοκληρωθεί πλήρως. Οι χελώνες είναι άριστες για την παλαίωση ενός καινούργιου συστήματος. Είναι λιγότερο ευαίσθητες στην αμμωνία από τα ψάρια και τα ασπόνδυλα και επιπλέον παρέχουν συνεχώς τις οργανικές ουσίες που χρειάζονται για την έναρξη του βιολογικού φίλτρου. Οι θαλάσσιες χελώνες και οι χελώνες με αδαμάντινη πλάτη είναι κατάλληλες για την προετοιμασία θαλάσσιων συστημάτων και οποιοδήποτε από τα συνήθη είδη του γλυκού νερού, όπως τα χέλια, οι map turtles και snappers είναι ιδανικά για το γλυκό νερό. Μεταξύ των ψαριών, τα χέλια, οι σφυρίδες, ο κυπρίνος και πολλά από τα γατόψαρα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην αμμωνία.

Η προσθήκη ειδών σιγά-σιγά είναι μία καλή τεχνική. Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα ανθεκτικά ζώα και αν τα είδη που θέλουμε να καλλιεργήσουμε είναι ευαίσθητα στο δηλητηριασμό από αμμωνία, τότε το ζωικό φορτίο μπορεί να προστεθεί βαθμιαία μέχρι την μέγιστη πυκνότητα. Για παράδειγμα, αν είναι απαραίτητο να κρατήσουμε την αμμωνία σε επίπεδο χαμηλότερο του 0.2 ppm, κάθε φορά, τότε ο ζωικός πληθυσμός μπορεί να αυξάνεται σταδιακά με τέτοιο ρυθμό που δεν θα υπερβαίνει αυτό το επίπεδο. Αυτή η τεχνική βασίζεται στο συνεχή έλεγχο της αμμωνίας και την αποφυγή προσθήκης ζώων γρηγορότερα από την ικανότητα του πληθυσμού των νιτροποιητών να σταθεροποιεί την αμμωνία στα 0.02 ppm ή λιγότερο. Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει πολλή εργαστηριακή εργασία και παρατείνει τη διάρκεια προετοιμασίας. Η πρώτη μέθοδος της "υπεραποζημιώσεως" με ανθεκτικά ζώα είναι ταχύτερη και πιο πρακτική.

Ο χρόνος υστέρησης στο κρύο νερό είναι μεγαλύτερος γιατί η ανάπτυξη των βακτηρίων είναι πιο αργή σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η διαδικασία μπορεί να επιταχυνθεί με τη διατήρηση του συστήματος σε θερμοκρασίες ζεστού νερού, με ζώα των θερμών υδάτων, μέχρι να αρχίσει κανονικά η διαδικασία της νιτροποίησης. Τα ζώα των θερμών υδάτων μπορούν τότε να απομακρυνθούν από το σύστημα, η θερμοκρασία να μειωθεί και μπορούν να προστεθούν τα επιθυμητά είδη, παρόμοια (κατά προτίμηση μικρότερου) βάρους. Δεν παίζει ρόλο πόσο γρήγορα μειώνεται η θερμοκρασία από τη

στιγμή που τα ζώα του ζεστού νερού έχουν απομακρυνθεί. Πάντως, μετά την είσοδο των ειδών του κρύου νερού, μικρές αυξήσεις της αμμωνίας και των νιτρικών παρατηρούνται καμιά φορά, ακόμα και αν το σύστημα είχε αρχικά "υπεραποζημιωθεί". Αυτές, συνήθως υποχωρούν μετά 3 μέρες, δείχνοντας ότι τα βακτήρια έχουν προσαρμοστεί στο κρύο. Τέτοιες αυξήσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με το να αφήσουμε 48 ώρες τα βακτήρια να προσαρμοστούν στη χαμηλή θερμοκρασία, πριν να προσθέσουμε τα ζώα του κρύου νερού.

Υπάρχει μόνο μία αξιόπιστη μέθοδος για την επίσπευση της διαδικασίας της προετοιμασίας. Ένα μέρος του επάνω στρώματος χαλικιού, από ένα παλαιωμένο σύστημα, μπορεί να προστεθεί στην επιφάνεια μιας καινούργιας στήλης φίλτρου. Μέρος του τριπτόν πρέπει να περιληφθεί, αφού περιέχει σημαντικό αριθμό βακτηρίων.

1.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΤΡΙΠΤΟΝ (DETRITUS)

Η λειτουργία του τριπτόν στην νιτροποίηση έχει ήδη αναφερθεί. Στα κλειστά συστήματα καλλιέργειας, το *τριπτόν* ορίζεται ως το χαλαρά συσσωματωμένο υλικό που συσσωρεύεται στο σύστημα, συνήθως πάνω στη χαλικώδη άμμο του φίλτρου αλλά επίσης και σε ακίνητα αντικείμενα του συστήματος, όταν η κυκλοφορία του νερού είναι περιορισμένη. Σε βιοχημικό επίπεδο, η σύσταση του είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και μέχρι τώρα μη διευκρινισμένη. Αποτελείται από οργανικές και ανόργανες ουσίες και τα ετερότροφα βακτήρια είναι σημαντικά στο σχηματισμό του. Η δημιουργία του είναι μία ατελείωτη διαδικασία, όσο το νερό στο σύστημα καλλιέργειας, περιέχει ζώντες οργανισμούς και διαλυμένο οργανικό υλικό. Μέθοδοι για την απομάκρυνση του συζητώνται στο επόμενο κεφάλαιο.

Οι φυσαλίδες του αέρα στο νερό είναι σημαντικές στο σχηματισμό του τριπτόν. Οι Baylor & Sutcliffe, 1963 έδειξαν ότι οργανικά συσσωρεύματα σχηματίζονται πάνω στις φυσαλίδες με προσρόφηση οργανικού υλικού από το μέσο. Ο Rilley (1963) και ο Sutcliffe (1963) προκάλεσαν το σχηματισμό συσσωρευμάτων με την δημιουργία φυσαλίδων διοχετεύοντας αέρα δια μέσου μικροφιλτραρισμένου θαλασσινού νερού. Ο σχηματισμός συσσωρευμάτων δείχνει την εξαγωγή οργανικών υποστρωμάτων από το διάλυμα.

Τα συσσωρεύματα του τριπτόν συνεχίζουν να μεγαλώνουν σε μέγεθος από τη στιγμή του αρχικού τους σχηματισμού. Δύο μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι: η συγκόλληση και η περαιτέρω προσρόφηση (Rilley, 1963). Στα συστήματα καλλιέργειας η συγκόλληση είναι πιθανώς ο κυρίαρχος παράγοντας, στην επιφάνεια του φίλτρου όπου αιωρούμενο υλικό συγκεντρώνεται. Συσσωρευμένα σωματίδια προσκολλώνται στους κόκκους του χαλικιού πρώτα. Όσο αυξάνεται ο αριθμός τους, γεμίζουν τα διαστήματα

ανάμεσα στους κόκκους και επίσης προσκολλώνται το ένα με το άλλο λόγω στατικού ηλεκτρισμού. Τελικά αναπτύσσονται μέχρι ενός ορατού μεγέθους.

Ο δεύτερος παράγοντας που ευθύνεται για την ανάπτυξη των συσσωματιδίων - η επιπρόσθετη προσρόφηση - είναι σημαντική στη μεσόφαση αέρα-νερού, ειδικά στο σημείο εισόδου νερού στο σύστημα, όπου η επιφανειακή ανάδευση είναι μεγάλη. Μπορεί επίσης να παίζει σημαντικό ρόλο μέσα στις αντλίες υποπίεσης αέρα (airlifts) όπου η παρουσία πολύ μικρών φυσαλίδων αέρα αυξάνει τον αριθμό των επιφανειών για προσρόφηση οργανικής ύλης. Σύμφωνα με τον Barber (1966), συσσωρεύματα σχηματίζονται στην επιφάνεια του νερού κάτω από φυσιολογικές συνθήκες

.....σε μία φυσική διαδικασία, στην οποία οργανικά μόρια παύουν να είναι σε διαλελυμένη μορφή για να σχηματίσουν ένα οργανικό φλοιό γύρω από την ανερχόμενη φυσαλίδα. Στην επιφάνεια της θάλασσας, η φυσαλίδα διοχετεύεται στον αέρα, αφήνοντας πίσω τον οργανικό της φλοιό σαν μία κατεστραμένη μονομοριακή μεμβράνη, η οποία μπορεί τότε να καθιζήσει δια μέσου της στήλης του νερού παρέχοντας το υπόβαθρο για τη συσσώρευση πρόσθετου διαλελυμένου υλικού.

Μία παρεμφερής διαδικασία πιθανώς λαμβάνει χώρα και στα κλειστά συστήματα. Οι Carlucci και Williams (1965) έδειξαν ότι η διοχέτευση φυσαλίδων αέρα στο θαλασσινό νερό προκαλεί τη συγκέντρωση αριθμού βακτηρίων στο δημιουργούμενο αφρό. Είναι πιθανόν, ότι ο αφρός που μαζεύεται από το airstripping (Ενοτ. 3.3) περιέχει επίσης μεγάλους αριθμούς βακτηρίων, εκτός και αν χρησιμοποιείται όζον. Τα νεοσχηματιζόμενα συσσωματίδια στη στήλη του νερού γρήγορα αποκτούν ένα πληθυσμό βακτηρίων. Τα συσσωρεύματα αντιπροσωπεύουν μία στερεοποιημένη πηγή ενέργειας και επιπλέον επιπρόσθετες επιφάνειες για προσκόλληση, ειδικά στις πολυπληθείς περιοχές του συστήματος, όπως η στήλη του φίλτρου. Αυτό συμφωνεί με τους Kawai *et al.* (1963) που έδειξαν ότι η νιτροποιητική ικανότητα του φίλτρου πέφτει σημαντικά μετά την απομάκρυνση των σωματιδίων.

Ο Sieburth (1965) τόνισε ότι και απουσία φυσαλίδων, οι φυσικοί πληθυσμοί των βακτηρίων στο θαλασσινό νερό σχηματίζουν τριπτόν κατά την απαμίνωση και αμμωνιοποίηση. Ο ίδιος πρότεινε ένα πιθανό μηχανισμό για τον συνδιασμό των οργανικών και ανόργανων συστατικών κατά τον σχηματισμό αυτού του υλικού. Σύμφωνα με τον Barber (1966), ο Sieburth

.....πρότεινε ότι η μικροζωνική αλκαλοποίηση που πρέπει να συμβαίνει κατά την απελευθέρωση της αμμωνίας, μπορεί να ξεκινήσει την καθίζηση ανόργανων πυρήνων, γύρω από τους οποίους οργανικά συσσωρεύματα μπορούν να σχηματιστούν.

Το τριπτόν είναι βασικά ακίνδυνο. Όμως, όταν συσσωρεύεται, προκύπτουν άλλα προβλήματα όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο. Τα συσσωματώματα δεν βρίσκονται πια στο διάλυμα και είναι λοιπόν λιγότερο διαθέσιμα για προσρόφηση από τα ζώα. Οι

τοξικές ιδιότητες μιας διαλελυμένης ουσίας μειώνονται σημαντικά όταν αφαιρείται από το διάλυμα και εναποτίθεται επί του αποσαθρούμενου υλικού. Στην πραγματικότητα, αυτή η αρχή χρησιμοποιείται στο χημικό φιλτράρισμα με ενεργό άνθρακα (Ενοτ. 3.2). Η ουσία που προσροφάται από τους πόρους του άνθρακα παύει να βρίσκεται στο διάλυμα και συνεπώς δεν είναι πια διαθέσιμη για δευτερογενή προσρόφηση από τα ζώα.

Οι μηχανισμοί του σχηματισμού συσσωρευμάτων προσφέρουν την δυνατότητα τεχνικών για την διατροφή μικροσκοπικών λαρβών. Οι Baylor & Sutcliffe (1963) έδειξαν ότι η Αρτέμια μπορεί να μεγαλώσει με συσσωρεύματα τα οποία σχηματίζονται κατόπιν της διοχέτευσης φυσσαλίδων αέρα δια μέσου θαλασσινού νερού. Η ανακάλυψη τους έχει ενδιαφέρουσες προοπτικές. Για παράδειγμα, ένα θρεπτικό διάλυμα μπορεί να προστεθεί στη στήλη του αέρα πριν την παροχή τροφής σε μία ομάδα λαρβών. Τα θρεπτικά συστατικά μπορούν να δημιουργήσουν συσσωματώματα στη στήλη και να γίνουν έτσι διαθέσιμα στα ζώα. Μετά από ένα χρονικό διάστημα που το ανωτέρω νερό κυκλοφορεί έρχεται σε επαφή με τα ζώα, η κανονική ροή του νερού μπορεί να επανέλθει και το επιπλέον υλικό αφαιρείται με χημικό φιλτράρισμα.

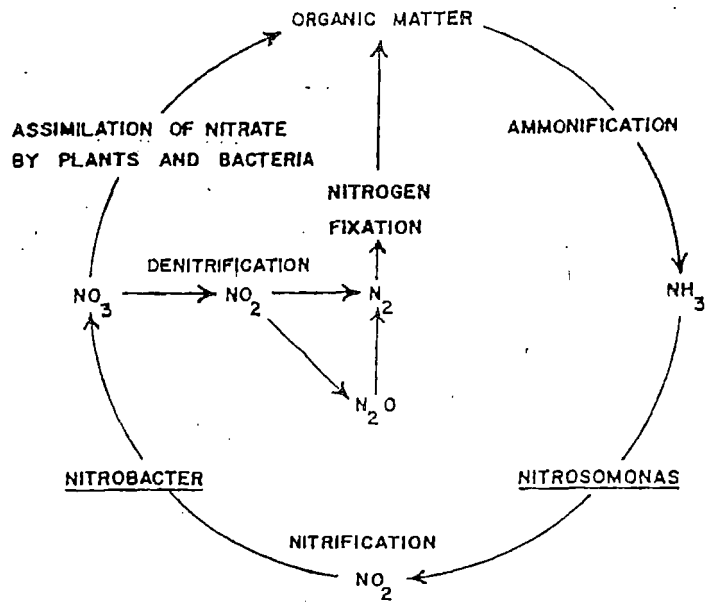


Figure 1. The nitrogen cycle.

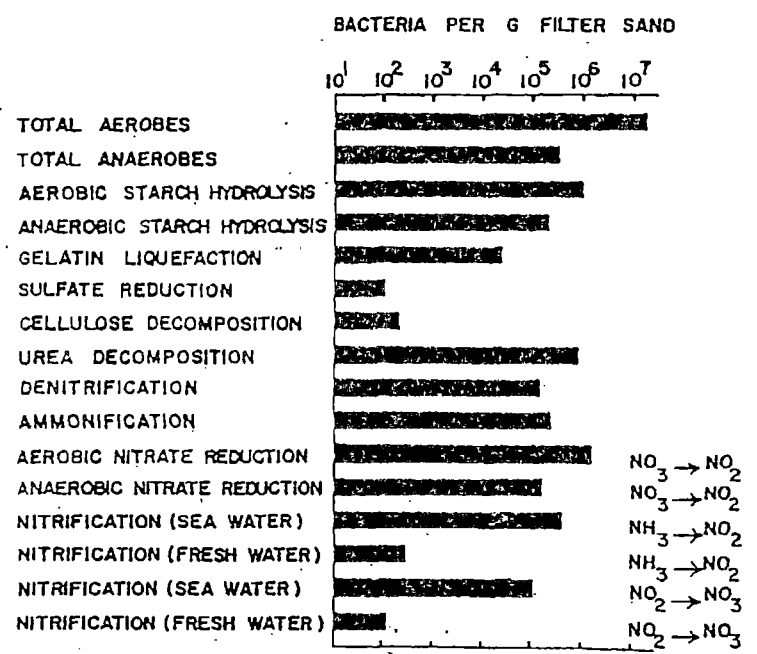


Figure 2. Population of filter bed bacteria in small freshwater and marine systems after 134 days.

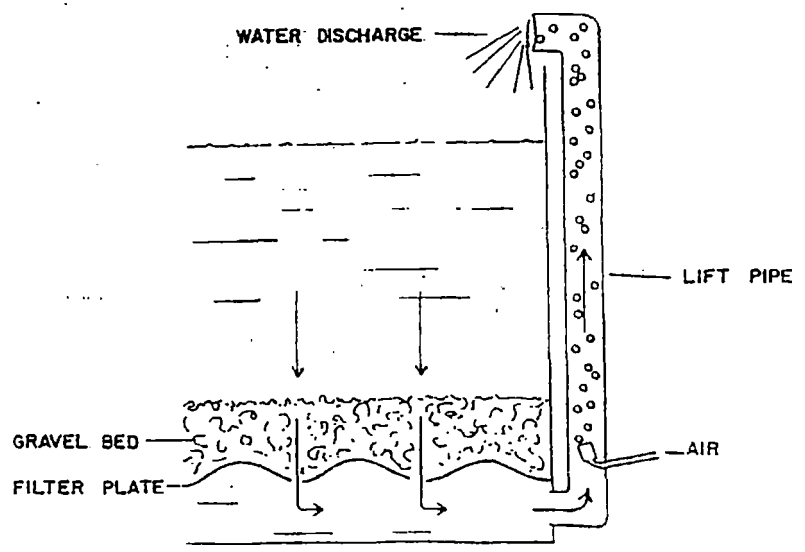


Figure 3. Water circulation through a subgravel filter by the airlift method.

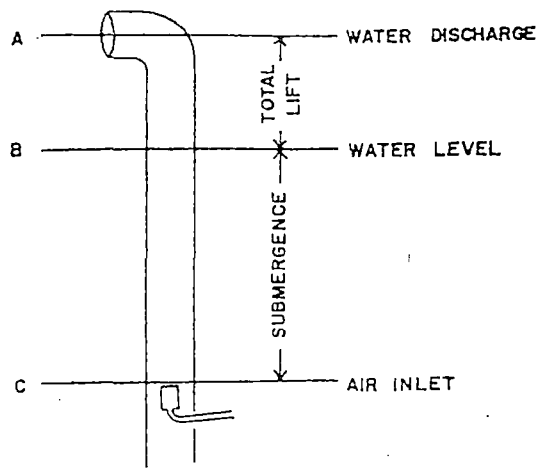


Figure 4. Operating principles of an airlift.

Table 1. Airlift Capacities under Various Conditions Using the Side Air-Inlet Method

Pipe sizes		Capacity, gpm			
Discharge pipe, in.	Air-line sizes	70% submergence	60% submergence	50% submergence	40% submergence
1	$\frac{3}{8}$	10-17	8-12	7-11	6-10
1 $\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	16-24	11-18	10-15	8-12
1 $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	20-36	16-28	12-21	10-19
2	$\frac{3}{4}$	33-65	26-55	20-40	18-35
2 $\frac{1}{2}$	1	60-100	50-85	36-60	32-55
3	1	90-130	78-120	55-100	50-95
3 $\frac{1}{2}$	1	120-250	110-180	90-150	80-130
4	1 $\frac{1}{4}$	200-325	160-250	130-200	120-180
4 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	250-475	200-375	170-275	155-225
5	1 $\frac{1}{2}$	300-600	275-475	200-375	180-300
6	2	500-900	450-775	350-575	280-500

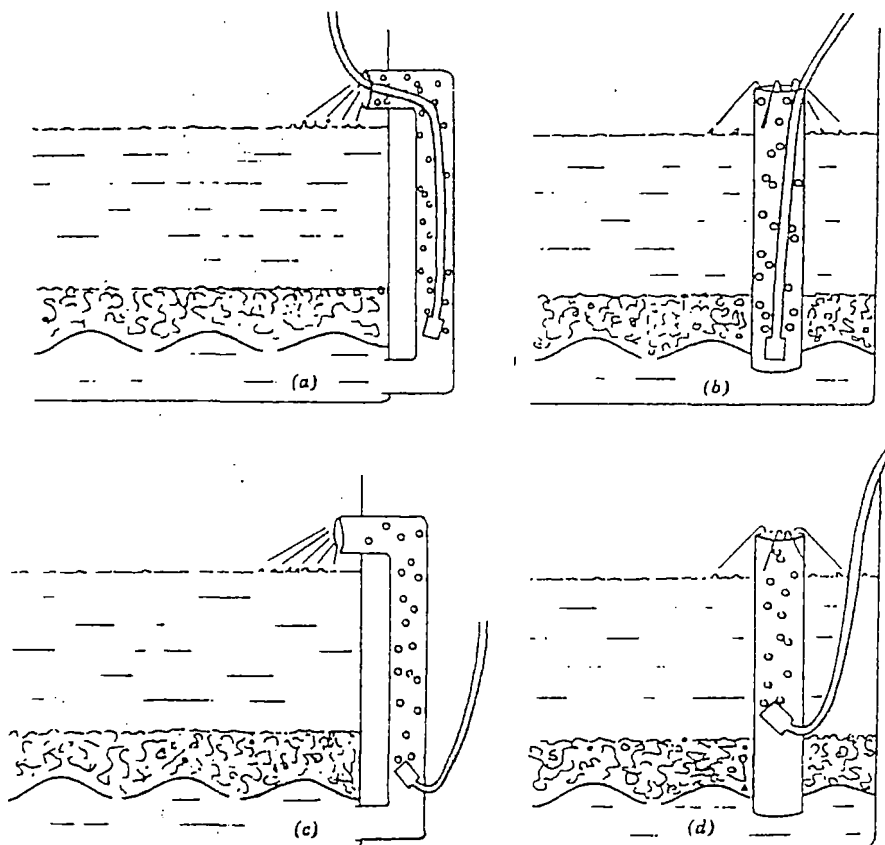


Figure 5. Two central airline designs (a and b), and two side air-inlet designs (c and d) commonly used in culturing.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑ

2.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Μηχανικό φιλτράρισμα είναι ο φυσικός διαχωρισμός και συγκέντρωση (προς απομάκρυνση) των αιωρούμενων σωματιδίων από το ανακυκλούμενο νερό. Επιτυγχάνεται με το πέρασμα του νερού μέσα από κατάλληλα υποστρώματα ή διαφράγματα τα οποία παγιδεύουν τα σωματίδια. Το παγιδευμένο υλικό τότε απομακρύνεται με διάφορες μεθόδους, που εξαρτώνται από τον τύπο και σχέδιο του φίλτρου.

Οι λειτουργίες του μηχανικού φιλτραρίσματος, σε κλειστά συστήματα καλλιέργειας, έχουν τους εξής τρεις σκοπούς: (1) μείωση της θολότητας του νερού που προκαλείται από αιωρούμενους μικροοργανισμούς και το σωματιδιακό υλικό, (2) μείωση του επιπέδου των οργανικών κολλοειδών και (3) απομάκρυνση του τριπτόν από τα βιολογικά φίλτρα. Τα μηχανικά φίλτρα χρησιμοποιούνται επίσης και για το προφιλτράρισμα του φυσικού νερού, διαδικασία που απομακρύνει ένα μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών οι οποίοι θα μπορούσαν να αυξήσουν επικίνδυνα το BOD του συστήματος ή να προκαλέσουν έξαρση ασθενειών.

2.2. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΦΙΛΤΡΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΙ

Το χαλίκι στα βιολογικά φίλτρα και φίλτρα άμμου (Ενότη. 2.4) ελαττώνει την θολότητα του νερού με την παγίδευση του σωματιδιακού υλικού και την απομάκρυνση του από το αιώρημα. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους: πρώτα το αιωρούμενο υλικό παγιδεύεται στα διαστήματα ανάμεσα στους κόκκους της άμμου. Δεύτερο, οι στατικά ηλεκτρισμένες επιφάνειες των κόκκων έλκουν τα αντίθετα φορτισμένα σωματίδια ή κολλοειδή και τα απομακρύνουν από το διάλυμα. Η αποτελεσματικότητα αυτών των διαδικασιών εξαρτάται από τους κάτωθι αναφερόμενους παράγοντες.

Μέγεθος Χαλικιού

Η αποτελεσματικότητα του μηχανικού φιλτραρίσματος αυξάνεται με την μείωση του μεγέθους των επί μέρους κόκκων. Μικρότεροι κόκκοι διαθέτουν περισσότερες επιφάνειες εκτεθειμένες στο νερό για ηλεκτροστατική έλξη του σωματιδιακού και κολλοειδούς υλικού. Επίσης, τα μικρότερα μεσοδιαστήματα διευκολύνουν την απομάκρυνση των μικρότερων σωματιδίων. Αυτό καταλήγει σε ένα μεγαλύτερο ποσοστό αιωρούμενου υλικού που απομακρύνεται ανά όγκο φιλτραριζόμενου νερού.

Συσώρευση Τριπτών

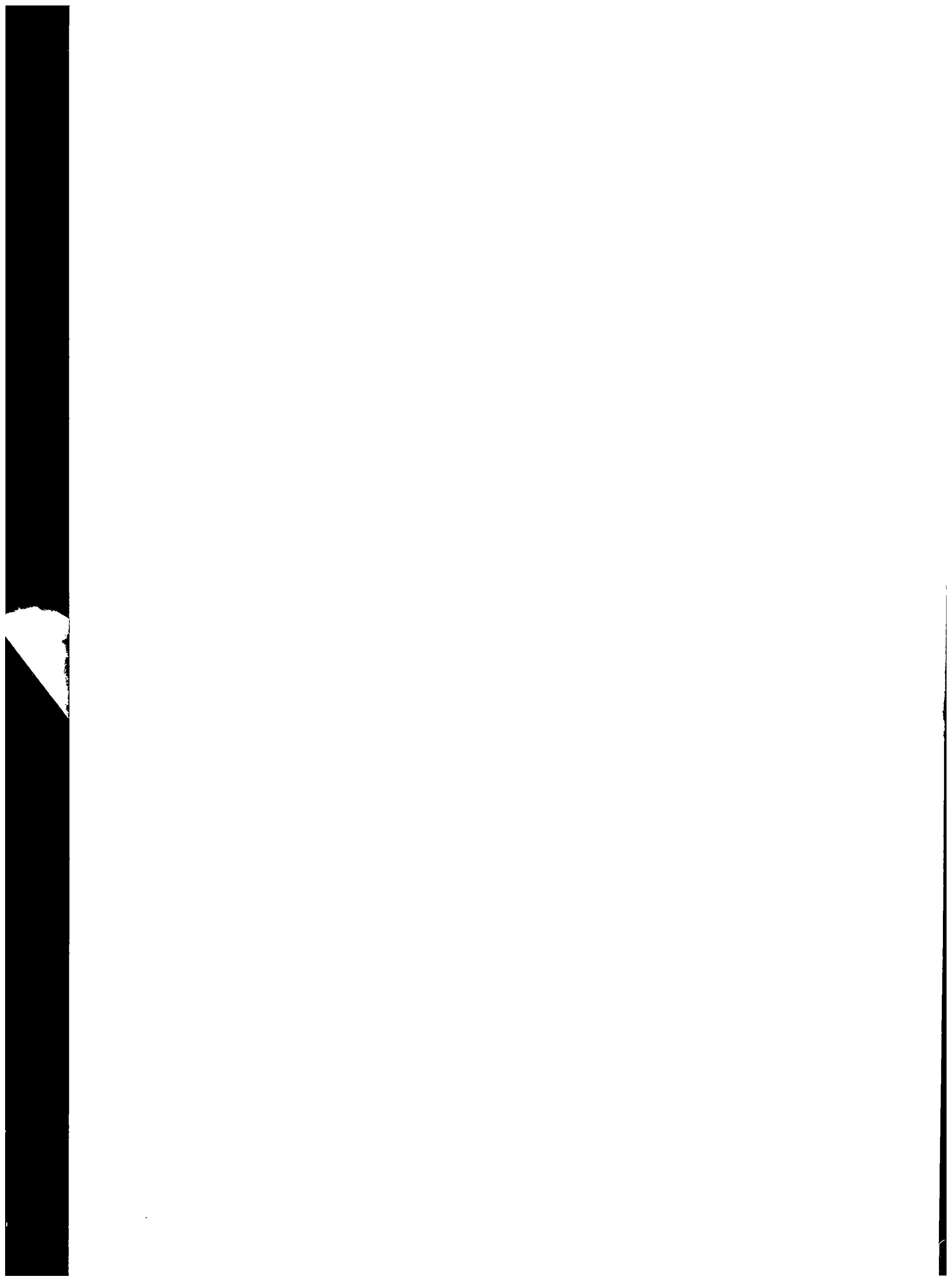
Το συσσωρευμένο τριπτόν ελαττώνει το μέγεθος των διαστημάτων μεταξύ των κόκκων χαλικιού, δίνοντας την δυνατότητα στο φίλτρο να απομακρύνει μικρότερα σωματίδια. Αυτός είναι ο βασικός λόγος για τον οποίο τα παλαιότερα φίλτρα εξασφαλίζουν μεγαλύτερη καθαρότητα.

Σχήμα Χαλικιού

Το τραχύ χαλίκι με πολλές γωνίες είναι το καλύτερο για μηχανικό φιλτράρισμα. Οι πολυάριθμες επιφάνειες του αυξάνουν το ηλεκτροστατικό δυναμικό του φίλτρου. Οι ακανόνιστες μορφές των κόκκων ελαττώνουν τον αριθμό των αλληπάλληλων μεσοδιαστημάτων στη στήλη του χαλικιού. Στα βιολογικά φίλτρα, αυτό εμποδίζει το τριπτόν να περάσει στα βαθύτερα στρώματα του φίλτρου απ' όπου είναι πιο δύσκολο να απομακρυνθεί μετά το συνηθισμένο καθάρισμα.

Διαβάθμιση

Μόνο μία διαβάθμιση χαλικιού χρησιμοποιείται στα βιολογικά φίλτρα με αντλία υποπίεσης αέρα, τα οποία δεν είναι εξοπλισμένα με μηχανισμό ξεπλύματος με νερό ύδρευσης. Όταν διαφορετικά μεγέθη αναμιγνύονται, ο αριθμός επιφανειών μειώνεται. Μεγάλα κενά σχηματίζονται στη στήλη στις περιοχές που επικρατούν μεγαλύτεροι κόκκοι. Το τριπτόν μπορεί να εισχωρήσει βαθύτερα στο φίλτρο, σ' αυτές τις εντοπισμένες "χαλαρές" περιοχές και σε ρηκά στρώματα μπορεί να κυκλοφορεί ελεύθερα από και προς το σύστημα καλλιέργειας.



Το χαλίκι στα "ταχεία" φίλτρα άμμου είναι επίτηδες σε διάφορα μεγέθη έτσι ώστε το φιλτράρισμα να λαμβάνει επίσης χώρα και στα βαθύτερα στρώματα.

Ομοιόμορφη Κατανομή του Χαλικιού

Η διαδρομή που ακολουθεί το νερό στην καθοδική του πορεία διαμέσου του χαλικιού, εξαρτάται από τα εντοπισμένα πρότυπα αντίστασης μέσα στο στρώμα. Η ροή του νερού στα βιολογικά φίλτρα διαταράσσεται όταν το χαλίκι είναι ανομοιογενώς κατανεμημένο πάνω στη πλάκα του φίλτρου. Τα λεπτά μέρη του φίλτρου δείχνουν μικρότερη αντίσταση από τα παχεία και έλκουν τη μεγαλύτερη ποσότητα από το νερό που ανακυκλώνεται. Αυτή η κατάσταση μπορεί να οδηγήσει στα ίδια χρόνια προβλήματα θολότητας, που συχνά παρατηρείται σε συστήματα με αδιαβάθμητα στρώματα.

Η ομοιογενής κατανομή κάθε μεγέθους χαλικιού είναι επίσης σημαντική κατά την αρχική πλήρωση ενός "ταχέως" φίλτρου άμμου. Αυτό εξασφαλίζει την σωστά κατανεμημένη κυκλοφορία νερού δια μέσου της στήλης. Σε αυτά τα φίλτρα άμμου είναι απαραίτητη η ομοιόμορφη εγκατάσταση κάθε διαβαθμισμένου στρώματος κατά την απόπλυση.

2.3. ΤΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ ΩΣ ΕΝΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΦΙΛΤΡΟ

Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποτελεσματικότητα

Το βιολογικό φίλτρο είναι η μόνη πηγή μηχανικού φιλτραρίσματος που χρειάζεται στα περισσότερα συστήματα καλλιέργειας. Οι αρχές του βιολογικού φιλτραρίσματος δόθηκαν στο Κεφ. 1 και είναι ουσιαστικά ίδιες και για το μηχανικό φιλτράρισμα.

1. Επιφάνεια της στήλης ίση προς την επιφάνεια του συστήματος καλλιέργειας.
2. Μέγεθος χαλικιού είναι 2-5 mm.
3. Ομοιόμορφη κατανομή του χαλικιού πάνω στην πλάκα του φίλτρου.
4. Σχήμα χαλικιού ακανόνιστο και πολυγωνικό.
5. Ρυθμός ανακύκλωσης είναι 1 gsfm σε συστήματα των 200 γαλονιών και άνω.

Σε ένα κοινό βιολογικό φίλτρο, το περισσότερο από το αωρούμενο σωματιδιακό υλικό είναι παγιδευμένο στα ανώτερα επίπεδα των χαλικιών και γι' αυτό το λόγο η επιφάνεια του φίλτρου είναι πολύ σημαντική. Ένας βασικός κανόνας είναι να

εξισώσουμε τουλάχιστον τη επιφάνεια του φίλτρου προς αυτή του συστήματος καλλιέργειας.

Το μέγεθος των κόκκων του χαλικιού (2-5 mm) που συνίσταται για το βιολογικό φιλτράρισμα λειτουργεί εξίσου καλά και σαν μηχανικό φίλτρο. Το τριπτόν τελικά μειώνει τα μεσοδιαστήματα του χαλικιού, καθιστώντας περιτό ένα λεπτότερο στρώμα σαν επιφανειακή επίστρωση.

Το χαλίκι πρέπει να απλώνεται ομοιόμορφα πάνω στην πλάκα του φίλτρου όπως προαναφέρθηκε. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό αυτό για τις ρηχές στήλες (λιγότερο από 4 in). Δεν υπάρχουν αυστηροί κανόνες που συσχετίζουν τον όγκο του νερό με το ύψος της στήλης.

Μια στήλη βάθους 2 ιντσών μπορεί να λειτουργήσει σωστά σε κάποια περίπτωση, ενώ σε ένα άλλο σύστημα παρόμοιων διαστάσεων, μπορεί να απαιτείται μια στήλη 6 in. Όμως, καμιά στήλη δεν πρέπει να είναι μικρότερη των δυο ιντσών, ανεξάρτητα από το πόσο μικρό είναι το εκάστοτε σύστημα καλλιέργειας. Τα συστήματα που είναι κάτω των 10.000 γαλονιών πολύ σπάνια απαιτούν στήλη μεγαλύτερη των 48 in βάθους, όταν αυτά είναι σωστά σχεδιασμένα και διευθετημένα.

Το χαλίκι που έχει ακανόνιστο και πολυγωνικό σχήμα είναι απαραίτητο για τα μηχανικά φίλτρα ώστε να παγιδεύεται το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό στις ανώτερες στρώσεις της στήλης. Ο καθαρισμός της είναι πιο εύκολος όταν το τριπτόν δεν έχει προχωρήσει κάτω από έξι ίντσες βάθος από την κορυφή.

Ο ρυθμός ανακύκλωσης - 1 gsfm σε συστήματα μεγαλύτερα των 200 γαλονιών - είναι ίδιος με αυτόν του βιολογικού φιλτράρισματος. Ένα βιολογικό φίλτρο αυτού του ρυθμού ανακύκλωσης θεωρείται σαν "αργό" φίλτρο άμμου. Η περισσότερη από την αποτελεσματικότητά του βασίζεται στη μικροβιακή οξείδωση των ανώτερων περιοχών της στήλης καθώς και στην παγίδευση του επιπρόσθετου υλικού από το τριπτόν της επιφάνειας. Σ' αυτό τον τύπο των φίλτρων, υπάρχει μικρή αντίσταση γιατί η βακτηριακή δραστηριότητα διατηρεί την πορώδη υφή της στήλης.

Καθαρισμός

Η πλήρης απομάκρυνση του συσσωρευμένου τριπτόν ποτέ δεν αποτελεί το σκοπό του καθαρίσματος του βιολογικού φίλτρου. Κάποιο από αυτό το υλικό πρέπει να απομείνει για να βοηθήσει στο βιολογικό και μηχανικό φιλτράρισμα. Ωστόσο, οι πολύ βρώμικες επιφάνειες (σχηματισμένες συμπαγείς επιστρώσεις ακαθαρσιών, Schmutzdecke) είναι ανεπιθύμητες και κατά καιρούς πρέπει να απομακρύνονται. Αυτές οι επιφάνειες αυξάνουν το BOD σε ένα σύστημα και του μειώνουν τη φέρουσα δυναμικότητα του.

Οι στήλες των φίλτρων που δεν έχουν καθαριστεί για μεγάλο διάστημα, συρρικνώνονται και απομακρύνονται από τα τοιχώματα του δοχείου (Fair & Geyer, 1958). Όταν συμβαίνει αυτή η συρρίκνωση η αντίσταση είναι μικρότερη κοντά στα τοιχώματα και στα κανάλια κατά μήκος των άκρων της στήλης. Η επιταχυνόμενη ροή του νερού μέσα από τις παραπάνω περιοχές, προκαλεί τη συσσώρευση τριπτόν που παρατηρείται στις γωνίες και πάνω στα τοιχώματα των παλαιών φίλτρων.

Εφόσον το περισσότερο τριπτόν συσσωρεύεται στα επιφανειακά στρώματα των βιολογικών φίλτρων τότε η περιοδική ανάδευση της επιφάνειας της στήλης το επαναφέρει σε αιώρηση. Όλες οι αντλίες υποπίεσης αέρος πρέπει να σταματούν κατά την ανάδευση, για να εμποδιστεί η είσοδος του πάλι μέσα στο χαλίκι.

Οι μικρές στήλες μπορούν να αναδευτούν με το χέρι. Για μεγαλύτερες επιφάνειες μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα εργαλεία, όπως τσουγκράνες κ.λ.π. Το χαλίκι του βιολογικού φίλτρου πρέπει να ανακατεύεται απαλά. Η βίαιη ανάδευση αποκολλά σημαντικό αριθμό νιτροποιητικών βακτηρίων από το χαλίκι. Από τη στιγμή που το τριπτόν επανέλθει σε αιώρηση μπορεί να μειωθεί είτε με την αναρρόφηση ποσότητας θολού νερού είτε με το φιλτράρισμα του νερού με κάποια εναλλακτική τεχνική, όπως αυτό των φίλτρων πίεσης-άμμου. Οποιαδήποτε από τις παραπάνω μεθόδους προλαβαίνει το σχηματισμό Schmutzdecke, αλλά παραμένει αρκετό τριπτόν για τη συνέχιση της λειτουργίας του βιολογικού και του μηχανικού φιλτραρίσματος.

Όταν παρατηρούνται κάποιες από τις παρακάτω συνθήκες πρέπει να γίνεται καθάρισμα του φίλτρου:

- 1) Σχηματισμός Schmutzdecke.
- 2) Μαζική συγκέντρωση τριπτόν στις γωνίες και στα τοιχώματα του φίλτρου.
- 3) Πτώση ρυθμού ροής.
- 4) Διαλυτό οξυγόνο κάτω από το σημείο κορεσμού, στην έξοδο του φίλτρου.

2.4 ΤΑΧΕΑ ΦΙΛΤΡΑ ΑΜΜΟΥ

Αρχές Λειτουργίας

Τα ταχεία φίλτρα άμμου ενισχύονται με μηχανικές αντλίες και έχουν βαθμό ανακύκλωσης αρκετές φορές μεγαλύτερο των βιολογικών φίλτρων που λειτουργούν με αντλίες υποπίεσης αέρος (airlifted). Ο βαθμός διαύγειας δεν είναι μεγαλύτερος από αυτόν που επιτυγχάνεται με τα σωστά διευθετημένα φίλτρα που λειτουργούν με αντλίες υποπίεσης αέρος, παρόλο που η πιο ταχεία ανακύκλωση μπορεί να μειώσει την θολότητα

σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Ούτε τα ταχεία ούτε τα αργά φίλτρα άμμου απομακρύνουν μόρια μικρότερα των 30 μm.

Το σχέδιο και η λειτουργία των ταχέων φίλτρων άμμου διαφέρει σημαντικά από αυτά των κλασικών βιολογικών φίλτρων. Η επιφάνεια της στήλης δεν είναι τόσο σημαντική λόγω του υψηλού βαθμού ανακύκλωσης. Επιπλέον, η απομάκρυνση του αιωρούμενου σωματιδιακού υλικού γίνεται σε όλα τα βάρη της στήλης, αντί να γίνεται μόνο στην επιφάνεια.

Τα ταχεία φίλτρα άμμου καθαρίζονται μηχανικά με την απόπλυση (backwashing). Αυτή απομακρύνει το περισσότερο τριπτόν (ειδικά από τα βαθύτερα στρώματα) από ότι άλλες μέθοδοι καθαρισμού βιολογικών φίλτρων. Ωστόσο, συσσωρευμένες ποσότητες τριπτόν δεν θεωρούνται σαν σημαντικός παράγοντας εφόσον η λεπτή επιφάνεια της άμμου έχει μικρά μεσοδιαστήματα, κάνοντας το τριπτόν μικρότερης σπουδαιότητας σαν μηχανική βοήθεια.

Πέντε διαβαθμίσεις από κόκκους πυρόλιθου χρησιμοποιούνται συνήθως στα ταχεία φίλτρα άμμου, συμπεριλαμβανομένης και της ανώτατης στρώσης της άμμου. Αυτές οι διαβαθμίσεις τοποθετούνται σε οριζόντιες στρώσεις με αύξον μέγεθος κόκκου, από λιθόστρωμα στη βάση της στήλης έως πολύ λεπτή άμμο στην κορυφή. Τα τελευταία χρόνια ο ανθρακίτης έχει χρησιμοποιηθεί σαν επιφανειακό στρώμα, με άμμο από κάτω και ακολουθούμενη από τρεις διαβαθμίσεις κόκκων χαλικιού με αύξον μέγεθος. Η χαμηλή πυκνότητα του ανθρακίτη βοηθάει στην επίτευξη βαθύτερης προσχώρησης των αιωρούμενων σωματιδίων, αντισταθμίζοντας τη σχετικά μικρή επιφάνεια του φίλτρου έχοντας σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα.

Η μικροβιακή οξείδωση δεν είναι τόσο σημαντική στην αποικοδόμηση του τριπτόν όπως συμβαίνει στα κοινά βιολογικά φίλτρα. Ένας λόγος είναι ότι τα ταχεία φίλτρα άμμου πρέπει να καθαρίζονται συχνότερα. Έτσι, ο πληθυσμός των βακτηρίων μειώνεται πολύ με την εξάφάνιση του περισσότερου τριπτόν.

Φίλτρα Άμμου-Κενού

Τα φίλτρα άμμου-κενού, είναι ανοικτά, ταχεία φίλτρα άμμου, στα οποία η κυκλοφορία δια μέσω του χαλικιού στηρίζεται στην απομάκρυνση νερού από το κάτω μέρος της στήλης. Αυτό δημιουργεί εν μέρει κενό στη βάση και η ροή του νερού από την κορυφή αυξάνεται. Η αρχή της κυκλοφορίας του νερού είναι περίπου όμοια όπως αυτή των κοινών βιολογικών φίλτρων, εκτός του ότι εδώ χρησιμοποιούνται μηχανικές αντλίες και η ανακύκλωση είναι υψηλότερη. Αυτή η μορφή φίλτρου είναι διαδεδομένη στην ύδρευση πόλεων και στον καθαρισμό των λυμάτων. Τα περισσότερα από τα μοντέλα συσκευών που υπάρχουν στα κείμενα μηχανικής λυμάτων μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλες εγκαταστάσεις καλλιέργειας.

Τα φίλτρα άμμου- κενού, συνιστώνται για τα συστήματα καλλιέργειας άνω των 10000 γαλονιών ή όπου μεγάλοι όγκοι νερού προφιλτράρονται καθημερινά. Και στις δύο περιπτώσεις, στα προτερήματα συμπεριλαμβάνεται ο μηχανοποιημένος τρόπος καθαρισμού που είναι πιο ακριβής και λιγότερο χρονοβόρος από χειροκίνητη ανάδευση.

Φίλτρα Άμμου-Πίεσεως

Η κυκλοφορία, ενός φίλτρου πίεσεως άμμου, είναι όπως φαίνεται στην Εικ. 6. Το νερό εισέρχεται εντός δοχείου πίεσης που περιέχει το καλκώδες υπόστρωμα, διαμέσου ενός διαχωρίσματος που υπάρχει στην κορυφή. Μέσα στο δοχείο το νερό κατευθύνεται με πίεση προς τα κάτω στη στήλη του φίλτρου.

Τεχνικές Εξοικονόμησης Νερού - Εφαρμογή στα Ταχεία Φίλτρα Άμμου

Τα ταχεία φίλτρα άμμου είναι ιδεώδη για το καθάρισμα των βιολογικών φίλτρων υποπίεσης αέρος. Στις μεγάλες εγκαταστάσεις, μακριά από τη θάλασσα, το κόστος του τεχνητού θαλασσινού νερού απαγορεύει συνήθως την απομάκρυνση του τριπτόν με ανακάτεμα της στήλης και αποβολή του θολού νερού. Επιπλέον, όταν τα ζώα του ζεστού νερού καλλιεργούνται σε κλειστούς χώρους, υπο κλίματα εύκρατα, τότε το φυσικό νερό στη χειμερινή θερμοκρασία μπορεί να είναι πολύ κρύο για να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν. Μια ιδανική διευθέτηση κάνει χρήση ενός κοινού βιολογικού φίλτρου, που του έχει προσαρτηθεί ένα βοηθητικό φίλτρο άμμου-πίεσης. Η είσοδος της βοηθητικής μονάδας τοποθετείται ανάμεσα στην επιφάνεια του βιολογικού φίλτρου και στην επιφάνεια του νερού. Το καλίκι στο βιολογικό φίλτρο ανακατεύεται και το φίλτρο άμμου-πίεσης μπαίνει σε λειτουργία. Το αιωρούμενο τριπτόν κατακρατείται μέσα στο φίλτρο άμμου-πίεσης και το καθαρό νερό επιστρέφει στο καλλιέργειας.

Καθαρισμός

Τα ταχεία φίλτρα άμμου καθαρίζονται με την απόπλυση. Το τριπτόν συσσωρεύεται σε αρκετό βάθος στη στήλη και γι' αυτό, το ανακάτεμα της επιφάνειας δεν επαρκεί για να το απομακρύνει. Τα ταχεία φίλτρα άμμου, αποπλένονται όταν η συσσώρευση του τριπτόν παρακωλύει την ροή του νερού στη στήλη του φίλτρου και προκαλεί απώλεια απόδοσης. Ο βαθμός απώλειας γίνεται φανερός με μετρήσεις. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των αποπλύσεων ονομάζεται κύκλος ροής.

Κατά την απόπλυση η ροή του νερού μέσω της στήλης αντιστρέφεται. Καθώς το νερό πλυσίματος ανεβαίνει, οι κόκκοι του χαλικιού ανασπώνονται και ολόκληρη η στήλη διογκώνεται. Το τριπτόν, καθώς είναι ελαφρύτερο από τη στρώση άμμου της κορυφής, ανεβαίνει υψηλότερα και αποβάλλεται καθώς ξεχειλίζει το φίλτρο. Το χαλίκι και οι κόκκοι άμμου βρίσκονται προσωρινά σε αιώρηση, διότι η ανοδική τάση του νερού και η τάση επανακάθισης των κόκκων είναι ισοδύναμες. Μετά την απόπλυση, το χαλίκι επανακάθεται στις αρχικές διαβαθμισμένες στρώσεις του. Το παγιδευμένο τριπτόν απομακρύνεται με τρεις μηχανισμούς κατά την απόπλυση. I) Το χαλαρό υλικό ανυψώνεται απαλά από την επιφάνει του στήλης φίλτρου και εκβάλλεται στην υπερχειλίση II) Το τριπτόν που βρίσκεται βαθιά στη στήλη και το υλικό που έχει χαλαρά επικοληθεί στο χαλίκι εκπλένονται με την άμεση καθαριστική δράση του νερού. Από τις μεγαλύτερες βαθμίδες του χαλικιού των κατωτέρων στρώσεων διαχέεται το νερό της απόπλυσης ομαλά στα ανώτερα επίπεδα στρώσεων. III) Μια ποσότητα του τριπτόν που προσκολλείται στους κόκκους του χαλικιού αποσπάται καθώς οι κόκκοι ανυψώνονται και επανακάθονται. Όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί ανακαθαρίζουν το βιολογικό φιλτράρισμα. Η αποτελεσματική απόσπαση των σωματιδίων της επιφάνειας απομακρύνει επίσης και πολλές από τις θέσεις όπου θα προσκολούσαν βακτήρια. Η καθαριστική δράση του νερού και η απόξεση που προκαλείται όταν τα κοκκίδια του χαλικιού συγκρούονται, μετακινούν τα βακτήρια από τις επιφάνειες του χαλικιού και διοχετεύει έξω μαζί με το νερό πλυσίματος.

2.5 ΦΙΛΤΡΑ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ (D.E.)

Αρχές Λειτουργίας

Στο φιλτράρισμα με γη διατόμων (DE), κάποια στρώση διαβαθμισμένων σκελετωδών υπολειμμάτων διατόμων συγκρατείται ενάντια σε ένα πορώδες κυλινδρικό δακτύλιο είτε με κενό αέρος είτε με πίεση και χρησιμοποιείται για την αφαίρεση σωματιδιακού υλικού από το νερό. Εξαιτίας του κόστους και της συντήρησης που απαιτεί αυτός ο τύπος φιλτραρισμού, θεωρείται πρακτικός μόνο για τα συστήματα που περιέχουν το λιγότερο 1000 γαλιόνια νερού στα οποία απαιτείται υψηλή διαφάνεια και όπου τα οργανικά κολλοειδή αλλά και οι σε αιώρηση μικροοργανισμοί πρέπει να είναι σε χαμηλά επίπεδα. Μερικά DE είναι ικανά να αφαιρέσουν μικρότερα μόρια από αυτά που αφαιρούν τα φίλτρα χαλικιού. Μερικά αρκετά λεπτόκοκκα DE απομακρύνουν μόρια τόσο μικρά όσο 0.1 μm.

Ο μηχανισμός φιλτραρίσματος ενός DE φίλτρου συνίσταται σε δυο μέρη. Το πρώτο είναι ένας πορώδης κεντρικός πυρήνας, που συνήθως είναι φτιαγμένος από σκληρό πολυπροπυλένιο. Αρκετά από αυτά τοποθετούνται σε πολλαπλές σειρές δημιουργώντας ένα πολύπτυχο. Το δεύτερο μέρος είναι το δίχτυ. Αυτό το δίχτυ είναι κατά προτίμηση, ένα σφικτά υφασμένο ύφασμα πολυπροπυλενίου, το οποίο εφαρμόζεται στον κεντρικό πυρήνα. Αλλά υλικά, όπως το νάυλον είναι λιγότερο ανθεκτικά. Σε μεγαλύτερες μονάδες φίλτρου τα δίχτυα είναι κινητά. Ο κεντρικός πυρήνας μαζί με το δίχτυ (το οποίο φοριέται εξωτερικά του πυρήνα) αποτελούν το στοιχείο φίλτρου. Το δίχτυ υποστηρίζει μια στρώση γης διατόμων· ο κεντρικός πυρήνας στηρίζει το δίχτυ και το εκθέτει στο ανακυκλούμενο νερό. Η Εικ. 7 δείχνει μια διευθέτηση με στοιχεία φίλτρου σαν φύλλα. Οι κεντρικοί πυρήνες δεν είναι ορατοί γιατί καλύπτονται από τα δίχτυα. Η Εικ. 8 δείχνει μια διευθέτηση με "στήλες" στοιχείων και πολύπτυχου.

Η στρώση γης διατόμων αποτρέπει την απόφραξη του δικτιού από κολλοειδή και την απώλεια της πορώδους υφής του. Αυτή η στρώση καλείται κρούστα φίλτρου, που ουσιαστικά πραγματοποιεί το φιλτράρισμα. Η αρχή του απεικονίζεται σε διάγραμμα στην Εικ. 9. Το παράδειγμα αυτό δείχνει την κάτοψη ενός δικτιού. Το νερό διαπερνά την κρούστα φίλτρου και το στοιχείο, ελευθερώνοντας μόρια και κολλοειδή για να παγιδευτούν στην κρούστα φίλτρου.

(DE) Φίλτρα Κενού με Γη Διατόμων

Οι Εικ. 7 και 8 δείχνουν τα συνήθη DE φίλτρα κενού. Το φιλτράρισμα γίνεται σε ανοικτή δεξαμενή ή δεξαμενή φίλτρου. Το νερό εισέρχεται στη δεξαμενή φίλτρου και περνά από το στοιχείο φίλτρου και το πολύπτυχο καταλήγοντας στην αντλία. Οι αρχές ροής του νερού είναι όμοιες με αυτές του φιλτραρίσματος άμμου-κενού.

(DE) Φίλτρα Πίεσης με Γη Διατόμων

Η Εικ. 10 είναι η απεικόνιση ενός DE φίλτρου πίεσης. Το στοιχείο φίλτρου είναι κλεισμένο μέσα σε ένα δοχείο πίεσης.

2.6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ DE ΦΙΛΤΡΩΝ

Επίστρωμα

Μετά το καθάρισμα ενός φίλτρου DE το καλύπτουμε με μια καινούργια στρώση διατομικής γής που ονομάζουμε επίστρωμα (ταυτόσημη της κρούστας φίλτρου) (Εικ. 9). Πρίν από αυτό, η παλιά κρούστα φίλτρου αποβάλλεται με έκπλυση μαζί με όλο το συσσωρευμένο σωματιδιακό και κολλοειδές υλικό. Τότε, μια καινούργια κρούστα φίλτρου πρέπει να τοποθετηθεί για την προφύλαξη των δικτιών από την κάλυψή τους από οργανικές ουσίες. Καταρχήν το νερό του φίλτρου πρέπει να απομονωθεί από το νερό του συστήματος καλλιέργειας - με ένα κατάλληλο σύστημα βαλβίδων - και να ανακυκλωθεί σαν να πρόκειται για ξεχωριστό κλειστό σύστημα. Για τη διαδικασία της επίστρωσης, προστίθεται DE και η ανακύκλωση συνεχίζεται έως ότου το επίστρωμα να συνδεθεί γερά με τα στοιχεία φίλτρου. Το νερό που περιέχει φρέσκο υλικό γης διατόμων (DE) είναι γαλακτώδες. Η εγκατάσταση της επίστρωσης ολοκληρώνεται όταν το νερό γίνεται καθαρό. Η διαδικασία κανονικού φιλτραρίσματος επανακαθίσταται με την εκτροπή του ανακυκλωμένου νερού προς το σύστημα καλλιέργειας. Για τη διαδικασία της επίστρωσης πρέπει να χρησιμοποιείται φρέσκο νερό καλλιέργειας.

Δεν απαιτείται κανένα ειδικό εξάρτημα για την διαδικασία της επίστρωσης στα φίλτρα κενού. Η ξηρή γη διατόμων, ραντίζεται επάνω στην επιφάνεια της δεξαμενής φίλτρου κατά τη διάρκεια που το νερό βρίσκεται υπό ανακύκλωση. Τα φίλτρα DE πίεσεως, που εγκαθίστανται μόνιμα, απαιτούν ένα δοχείο επιστρώματος. Η σωστή ποσότητα ξηρής DE αναμιγνύεται με το νερό και σχηματίζει ένα είδος πηλού. Αυτός τοποθετείται στο δοχείο επιστρώματος μέσω του οποίου διοχετεύεται στο δοχείο πίεσεως και εν συνεχεία επάνω στα στοιχεία φίλτρου. Μια χαρακτηριστική διευθέτηση αυτού παρουσιάζεται στην Εικ. 11.

Η σωστή ποσότητα επιστρώματος είναι συνήθως 15 λίβρες DE (μέτρηση ξηρού βάρους) ανα 100 τετραγωνικά πόδια επιφάνειας φίλτρου.

Η άντληση σε όλες τις μόνιμες μονάδες DE πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε η ροή του νερού, να μην πρέπει να σταματήσει μετά την απόθεση επιστρώματος προκειμένου να ξεκινήσει το φιλτράρισμα του νερού καλλιέργειας. Στα φίλτρα κενού, η DE συγκρατείται ενάντια στα στοιχεία φίλτρου με ένα μερικό κενό μέσα στον κεντρικό πυρήνα και στις μονάδες πίεσεως συγκρατείται με τη βοήθεια της πίεσης που εφαρμόζεται άμεσα στο επίστρωμα του φίλτρου. Και στις δυο περιπτώσεις, η κρούστα φίλτρου αρχίζει να πέφτει από τα στοιχεία φίλτρου όταν η άντληση σταματήσει.

Τροφοδοσία του Φίλτρου με Γη Διατόμων

Το επίστρωμα δεν επαρκεί για τη διατήρηση της πορώδους υφής, της κρούστας του φίλτρου, διότι τα οργανικά καλύπτουν γρήγορα την επιφάνεια. Αυτές οι ουσίες είναι συμπιεστές και περιορίζουν τη ροή του νερού μέσα από τα στοιχεία φίλτρου. Στις μόνιμες μονάδες η πορώδης υφή της κρούστας του φίλτρου διατηρείται με την συνεχή προσθήκη μικρών ποσοτήτων DE που είναι σχετικά ασυμπίεστη, στην εξωτερική επιφάνεια. Αυτά τα μετρήσιμα ποσά DE συνιστούν την τροφοδοσία σώματος. Η αρχή αυτή απεικονίζεται διαγραμματικά στην Εικ. 12.

Η τροφοδοσία σώματος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα φιλτραρίσματος μιας μονάδας γης διατόμων. Χωρίς αυτή οι κύκλοι ροής γίνονται σημαντικά μικρότεροι.

Επιφάνεια του Φίλτρου

Το ολικό εμβαδόν επιφανείας των στοιχείων φίλτρου είναι σημαντικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητά του. Αν η επιφάνεια είναι ανεπαρκής για το σωματιδιακό και κολλοειδές υλικό που συστηματικά παράγεται σε ένα σύστημα, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα σύντομους κύκλους ροής ανεξάρτητα από το σχεδιασμό και το χειρισμό των εξαρτημάτων.

Καθαρισμός

Τα περισσότερα φίλτρα πίεσης καθαρίζονται με απόπλυση. Η απώλεια απόδοσης, ένδειξη της οποίας είναι η περιορισμένη ροή νερού μέσα από τα στοιχεία, φαίνεται από τις μετρήσεις πίεσεως. Οι μονάδες κενού με στοιχεία στήλης, καθαρίζονται και αυτές με απόπλυση. Οι μονάδες κενού με στοιχεία φίλτρου σαν "φύλλα" καθαρίζονται με το πλύσιμο της κρούστας φίλτρου με τη βοήθεια νερού με πίεση από λάστιχο ποτίσματος αφού η δεξαμενή φίλτρου έχει ξηρανθεί πρώτα. Στην απόπλυση, η ροή του νερού αντιστέφεται και οδηγείται προς στα πολύπτυχα και διαμέσου των κεντρικών πυρήνων. Αυτό διογκώνει τα δίκτυα και ξεπλένει την κρούστα φίλτρου η οποία αποβάλλεται όπως φαίνεται στην Εικ. 13. Η απόπλυση πρέπει να γίνεται με καθαρό νερό ύδρευσης για την αποφυγή της επικάλυψης κολλοειδών στα δίκτυα.

Τα δίκτυα πρέπει κατά καιρούς να απομακρύνονται από τους πυρήνες και να απομακρύνονται τα κολλοειδή με πλύσιμο. Αυτό μπορεί να γίνει σε ένα πλυντήριο με τη χρήση απαλού απορυπαντικού και μαλακτικού νερού. Τα δίκτυα από πολυπροπυλένιο είναι ευαίσθητα στην υψηλή θερμοκρασία και ποτέ δεν πρέπει να

πλένονται με ζεστό νερό. Η υπερβολική ζέση λιώνει το υλικό και κλείνει κενά του υφάσματος, γι' αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ζεστό ή χλιαρό νερό. Αφού πλυθούν τα δίχτια πρέπει να βουτηχτούν μερικές φορές στο καθαρό νερό ύδρευσης για να φύγουν όλα τα υπολείματα του απολυμαντικού. Όταν τοποθετηθούν στους πυρήνες, δεν είναι καθόλου κακή ιδέα να τα υποβάλλουμε σε απόπλυση κατ' επανάληψη μερικές φορές, σαν επιπλέον πρόληψη.

2.7 ΑΠΟΦΡΑΞΗ ΔΙΧΤΙΩΝ ΦΙΛΤΡΟΥ

Τα δίχτια φίλτρου, όπως είναι φυσικό, τελικά αποφράσσονται. Τα σημάδια της απόφραξης είναι:

1) Συντόμευση του κύκλου ροής.

2) Κενό πάνω από το μηδέν σαν ένδειξη στο μετρητή κενού (φίλτρα κενού) ή πίεση πάνω από το μηδέν σαν ένδειξη στο μετρητή πίεσης (φίλτρα πίεσης) αμέσως μετά την απόπλυση και την επιστροφή στο κανονικό φιλτράρισμα.

3) Γυμνά σημεία πάνω στα δίχτια μετά την τοποθέτηση επιστρώματος

Απόφραξη μπορεί να προέλθει από τους παρακάτω παράγοντες: επικάλυψη των διχτιών με οργανικά κολλοειδή, οξειδία του σιδήρου, αύξηση ανθρακικών, παρουσία φυκιών και μαγνησίου. Η απόφραξη λόγω κολλοειδών είναι η συχνότερη αιτία που προκαλεί σύντομους κύκλους ροής. Τα προβλήματα εξαιτίας του οξειδίου του σιδήρου, των ανθρακικών και του μαγνησίου είναι συνηθισμένα σε συστήματα θαλασσινού νερού, όπου οι ποσότητες ανόργανων ουσιών είναι υψηλότερες και το pH είναι συνήθως άνω του 8. Τα φύκια μπορεί να προκαλέσουν πρόβλημα είτε στα συστήματα γλυκού νερού είτε στα θαλάσσια αν το νερό εκτίθεται άμεσα στο φως του ήλιου.

Η συγκέντρωση φυκιών είναι πιο μεγάλο πρόβλημα για τα ημίκλειστα και ανοικτά συστήματα στα οποία οι μικροσκοπικοί οργανισμοί βρίσκονται - και μπαίνουν μέσα στο σύστημα - από την παροχή φυσικού νερού.

Για τον προσδιορισμό της αιτίας της απόφραξης, ο ακόλουθος οδηγός μπορεί να χρησιμοποιηθεί αφού πρώτα ξηρανθεί η δεξαμενή φίλτρου και καθαριστούν τα στοιχεία.

Οδηγίες Διάγνωσης και Επιδιόρθωσης

1. Γεμίστε ένα μικρό σιφώνι με orthotolidine ή υδροχλωρικό οξύ και ραντίστε ένα φραγμένο σημείο ενός στοιχείου. Αφήστε το να δράσει για 5' και ξεβγάλτε με νερό βρύσης.

1. Η ουσία απόφραξης δεν άλλαξε χρώμα αλλά το ύφασμα γίνεται λευκό, αιτία.....ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ Ca ή Mg/ κατεργασία 1.
 2. Η ουσία απόφραξης έγινε κόκκινη, το ύφασμα άσπρο, αιτίαΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΣΙΔΗΡΟΥ/ κατεργασία 1.
 3. Η ουσία απόφραξης γίνεται σκούρα γκρι ή μαύρη.....**2** (κάτωθι)
 4. Τίποτα από τα παραπάνω δεν συνέβη **3** (κάτωθι)
- 2.** Διαλύστε αρκετούς κρυστάλλους θειικού νατρίου σε λίγα ml orthotolidine ή υδροχλωρικού οξέως και ραντίστε την γκριζα περιοχή. Το γκριζο εξαφανίζεται και το ύφασμα λευκαίνει, αιτία.....ΜΑΓΝΗΣΙΟ/ κατεργασία 2.
3. a. Τα στοιχεία γίνονται γλοιώδη **4** (κάτωθι)
 - b. Τα στοιχεία δεν γίνονται γλοιώδη. Ραντίστε με λίγες σταγόνες 25% θειικό οξύ το σημείο. Το σημείο λευκαίνει μετά το βρέξιμο, αιτία.....ΕΛΑΦΡΑ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ/ κατεργασία 3.
- 4.** Αν δεν επιτευχθούν θετικά αποτελέσματα σε αυτό το στάδιο, τότε τα στοιχεία έχουν υποστεί ΒΑΡΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ, όπως δείχνει η γλοιώδης υφή του υφάσματος. Αυτό πιο συχνά προκαλείται από την βακτηριακή αποσύνθεση των λιπαρών συστατικών των ιχθυοτροφών και των ιχθυελαίων και των ζωικών αποβλήτων, παρ'όλο που μερικές φορές προκαλείται και από τα φύκια. Εάν το πρόβλημα επανέρχεται, συνήθως αποδίδεται σε μία από τις παρακάτω συνθήκες: ακατάλληλη συντήρηση των φίλτρων (π.χ απρόσεκτη απόπλυση, που αφήνει το στοιχείο λερωμένο ή αποτυχία στη χρήση της κατεργασίας 3, συστηματικά κάθε 3 μήνες), ανεπαρκές προφιλτράρισμα με άμμο, τοποθέτηση επιστρώματος με τη χρήση παλιού νερού καλλιέργειας ή ανεπαρκές χημικό φιλτράρισμα.

Κατεργασίες

Οι παρακάτω κατεργασίες πρέπει να εφαρμοσθούν σε συνδιασμό με τον παραπάνω οδηγό. Πριν ξεκινήσουμε την κατεργασία, το φίλτρο πρέπει να ξηρανθεί και τα στοιχεία να καθαριστούν και να ελεγχθούν επιμελώς. Οι στήλες πρέπει να υποστούν απόπλυση δύο φορές. Και η στήλη και τα στοιχεία "φύλλου" πρέπει να ξεπλυθούν με νερό με μεγάλη πίεση με ένα λάστιχο ποτίσματος (φίλτρα κενού). Είναι επίσης απαραίτητο να γνωρίζουμε τον ακριβή όγκο του φίλτρου. Τα χημικά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται σε διάφορες κατεργασίες δίνονται ανά 30 γαλόνια νερού.

Κατεργασία 1.

1. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό νερό. Μην βάζετε επίστρωμα.

2. Βεβαιωθείτε ότι η βαλβίδα επανεισόδου στο σύστημα καλλιέργειας είναι κλειστή.

3. Προσθέστε 1 qt 34% υδροχλωρικού οξέος ανά 30 gal μέσα στο φίλτρο, ώστε να δημιουργηθεί ένα διάλυμα 0.25%.

4. Ανακατέψτε για 15' ή έως ότου το ύφασμα γίνει λευκό. Εάν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση οξειδίου του σιδήρου, τότε το διάλυμα θα γίνει καφέ.

5. Ξηράνετε το φίλτρο και κάνετε απόπλυση στα στοιχεία (είτε ξεπλύνετε με λάστιχο τα στοιχεία "φύλλου") διαδοχικά 3 φορές, αφήνοντας την μονάδα να στεγνώσει τελείως μετά από κάθε απόπλυση.

6. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό γλυκό ή θαλασσινό νερό, τοποθετήστε επίστρωμα και επαναφέρετε την κανονική διαδικασία φιλτραρίσματος. Οι μετρήσεις κενού ή πίεσεως πρέπει να δείχνουν μηδέν μετά την τοποθέτηση επιστρώματος. Επίσης δεν πρέπει να φαίνονται γυμνά σημεία πάνω στα στοιχεία.

Κατεργασία 2.

1. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό νερό βρύσης. Μην βάζετε επίστρωμα.

2. Βεβαιωθείτε ότι η βαλβίδα επανεισόδου στο σύστημα καλλιέργειας είναι κλειστή.

3. Προσθέστε την ίδια ποσότητα υδροχλωρικού οξέως όπως και στην κατεργασία 1.

4. Σταδιακά προσθέστε 1/3 oz διθειϊκού νατρίου ανά 30 gal νερού μέσα στην μονάδα.

5. Ανακυκλώστε μέχρι το ύφασμα να γίνει λευκό.

6. Ξηράνετε την μονάδα και κάνετε απόπλυση στα στοιχεία, διαδοχικά 3 φορές, επιτρέποντας στο φίλτρο να στεγνώσει τελείως μετά από κάθε καθάρισμα.

7. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό γλυκό ή θαλασσινό νερό, τοποθετήστε επίστρωμα και επαναφέρετε το κανονικό φιλτράρισμα. Οι ενδείξεις στους δείκτες πίεσεως ή κενού πρέπει να είναι μηδενικές μετά την τοποθέτηση επιστρώματος. Επίσης δεν πρέπει να φαίνονται γυμνά σημεία πάνω στα στοιχεία

ΠΡΟΣΟΧΗ: Μην χρησιμοποιήσετε αυτή την κατεργασία χωρίς επαρκή εξαερισμό.

Κατεργασία 3.

1. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό νερό βρύσης. Μην βάζετε επίστρωμα.

2. Βεβαιωθείτε ότι η βαλβίδα επανεισόδου στο σύστημα καλλιέργειας είναι κλειστή.

3. Προσαρμόστε το PH του νερού στο 5 με τη βοήθεια υδροχλωρικού οξέως.\

4. Προσθέστε 0.1 gal 15% υποχλωριώδους νατρίου ανά 30 gal νερού στη μονάδα

5. Ανακυκλώστε για 3 ώρες.

6. Ανάγεται μετά από 3 ώρες με την προσθήκη 1 oz θειοθειικού νατρίου ανά 30 gal νερού.

7. Συνεχίστε να ανακυκλώνετε μέχρι τα υπολείμματα χλωρίου (που μετριώνται με το test O.T.O) να είναι 0 ppm , για 3 διαδοχικούς ελέγχους ανά 15'.

8. Ξηράνετε την μονάδα και κάνετε απόπλυση στα στοιχεία, διαδοχικά 3 φορές, επιτρέποντας στο φίλτρο να στεγνώσει πλήρως μετά από κάθε καθάρισμα.

9. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό γλυκό ή θαλασσινό νερό, τοποθετήστε επιστρώμα και επαναφέρετε το κανονικό φιλτράρισμα. Οι ενδείξεις στους δείκτες πίεσεως ή κενού πρέπει να είναι μηδενικές μετά την τοποθέτηση επιστρώματος. Επίσης δεν πρέπει να φαίνονται γυμνά σημεία πάνω στα στοιχεία

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να είναι τα στοιχεία όσο το δυνατόν καθαρότερα, πριν αρχίσουμε αυτήν την κατεργασία. Αλλιώς η ανάγκη χλωρίου στο νερό μπορεί να υπερβεί την ποσότητα του ελεύθερου χλωρίου του διαλύματος με αποτέλεσμα τη μη ολοκληρωμένη οξείδωση του οργανικού καλλύματος των στοιχείων

Κατεργασία 4.

1. Γεμίστε την μονάδα με καθαρό νερό βρύσης. Μην βάζετε επιστρώμα.

2. Βεβαιωθείτε ότι η βαλβίδα επανεισόδου στο σύστημα καλλιέργειας είναι κλειστή.

3. Προσθέστε 8 oz calgon και 4 oz απορυπαντικού πλυσίματος (επιλέξτε μία μάρκα που κατασκευάστηκε για χρήση σε κρύο νερό) ανά 30 gal νερού μέσα στο φίλτρο

4. Ανακυκλώστε μέσα στο φίλτρο.

5. Ξηράνετε το φίλτρο και κάνετε απόπλυση στα στοιχεία, διαδοχικά 3 φορές, επιτρέποντας στο φίλτρο να στεγνώσει πλήρως μετά από κάθε καθάρισμα.

6. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό νερό βρύσης και ανακυκλώστε για 30' και μετά ξηράνετε και κάνετε απόπλυση πάλι.

7. Γεμίστε το φίλτρο με καθαρό γλυκό ή θαλασσινό νερό, τοποθετήστε επιστρώμα και επαναφέρετε το κανονικό φιλτράρισμα. Οι ενδείξεις στους δείκτες πίεσεως ή κενού πρέπει να είναι μηδενικές μετά την τοποθέτηση επιστρώματος. Επίσης δεν πρέπει να φαίνονται γυμνά σημεία πάνω στα στοιχεία

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Επιπλέον απόπλυση απαιτείται για την αφαίρεση όλων των ιχνών απορυπαντικού από τα στοιχεία.

2.8. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Οι συστάσεις που γίνονται εδώ βασίζονται στις αρχές λειτουργίας που προαναφέρθηκαν και είναι αρκετά ευρείας εφαρμογής, για τα περισσότερα συστήματα καλλιέργειας.

Τα φίλτρα άμμου-πίεσης, κανονικά δεν μπορούν να αποτελέσουν την μόνη πηγή βιολογικού φιλτραρίσματος σε ένα σύστημα καλλιέργειας. Και οι δύο μορφές ταχέων φίλτρων άμμου μπορούν να στηρίξουν ένα πληθυσμό βακτηρίων που συνεισφέρει στην βιολογική οξείδωση εφόσον οι μονάδες βρίσκονται σε διαρκή λειτουργία και δεν έχουν στεγνώσει για κάποιο χρονικό διάστημα. Τα φίλτρα κενού με άμμο υπερέχουν του μέσου βιολογικού φιλτραρίσματος, όμως είναι πρακτικά μόνο στα συστήματα άνω των 10.000 gal.

Τα φίλτρα άμμου-πίεσης είναι εξαιρετικά μηχανικά φίλτρα, εφόσον λειτουργούν συμπληρωματικά ενός βιολογικού φίλτρου. Καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο από τα φίλτρα άμμου-κενού και η εγκατάστασή τους έχει μικρότερο κόστος και απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Και οι δύο μορφές των φίλτρων μειονεκτούν στο σημείο του ότι λειτουργικά μέρη τους βρίσκονται κάτω από το χαλίκι.

Και οι δύο μορφές φίλτρων DE απαιτούν περισσότερη συντήρηση από τα ταχεία φίλτρα άμμου και δεν είναι εύχρηστα στα συστήματα κάτω των 1000 gal. Τα δίχτυα πρέπει να βγαίνουν τακτικά και να πλένονται. Το ύφασμα μερικές φορές σχίζεται και χρειάζεται ράψιμο ή αντικατάσταση. Σχεδόν σε κάθε περίπτωση ένα φίλτρο DE κενού, υπερέχει ενός φίλτρου πίεσης γιατί τα στοιχεία του μπορούν εύκολα να ελεγχθούν. Επίσης, τα λειτουργικά μέρη ενός φίλτρου κενού είναι πιο προσιτά. Συστηματικοί έλεγχοι των φίλτρων πίεσης, όμως, απαιτούν το κλείσιμο της μονάδας, το στέγνωμα της και το άνοιγμα του δοχείου πίεσης.

Τα φίλτρα DE είναι πιο ακριβά για να λειτουργούν σε μεγαλύτερη χρονική βάση από ότι τα ταχεία φίλτρα άμμου. Η στήλη του φίλτρου στα φίλτρα με χαλίκι, είναι μία μόνιμη εγκατάσταση. Το επικάλυμα του φίλτρου DE, από την άλλη μεριά, αποβάλλεται στο τέλος κάθε κύκλου ροής και πρέπει να αντικαθίσταται. Το κόστος των DE μπορεί να αποτελεί ένα αξιοσημείωτο ποσό εξόδων κάθε χρόνο, για τη συντήρηση μεγάλων μονάδων που βρίσκονται σε διαρκή λειτουργία.

Η θετική άποψη είναι ότι τα DE φίλτρα παρέχουν μεγαλύτερη διαφάνεια από ότι τα φίλτρα χαλικιού εφόσον αφαιρούν μεγαλύτερες ποσότητες οργανικών κολλοειδών, σωματιδιακού υλικού και αιωρούμενων μικροοργανισμών ανά μονάδα φιλτραρισμένου νερού. Τα φίλτρα DE συνίστανται για συστήματα στα οποία αυτοί οι παράγοντες πρέπει να βρίσκονται σε ελάχιστη ποσότητα.

Το κόστος λειτουργίας του φίλτρου DE μπορεί να μειωθεί με την σύνδεση του, σε σειρά, με ένα ταχύ φίλτρο άμμου. Αυτή η διευθέτηση ελαχιστοποιεί το

σωματιδιακό φορτίο των στοιχείων και παρατείνει τον κύκλο ροής. Η ίδια διευθέτηση είναι εξαιρετικά χρήσιμη στο φιλτράρισμα του φυσικού νερού. Τα φίλτρα DE δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποδοτικά αν το εισερχόμενο νερό είναι πολύ θολό. Τα φίλτρα αποφράσσονται εύκολα και απαιτούν συχνή απόπλυση. Ο ίδιος παράγοντας περιορίζει και την χρήση τους σαν συμπλήρωμα του καθαρισμού των βιολογικών φίλτρων.

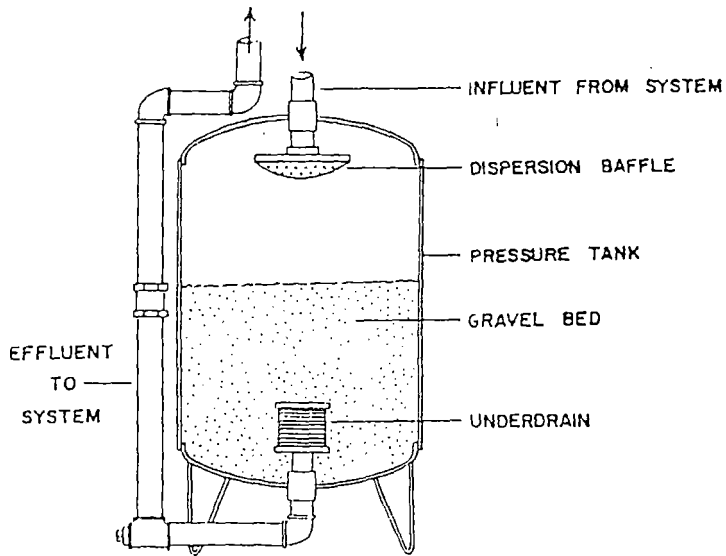


Figure 6. Cutaway view of a sand pressure filter.

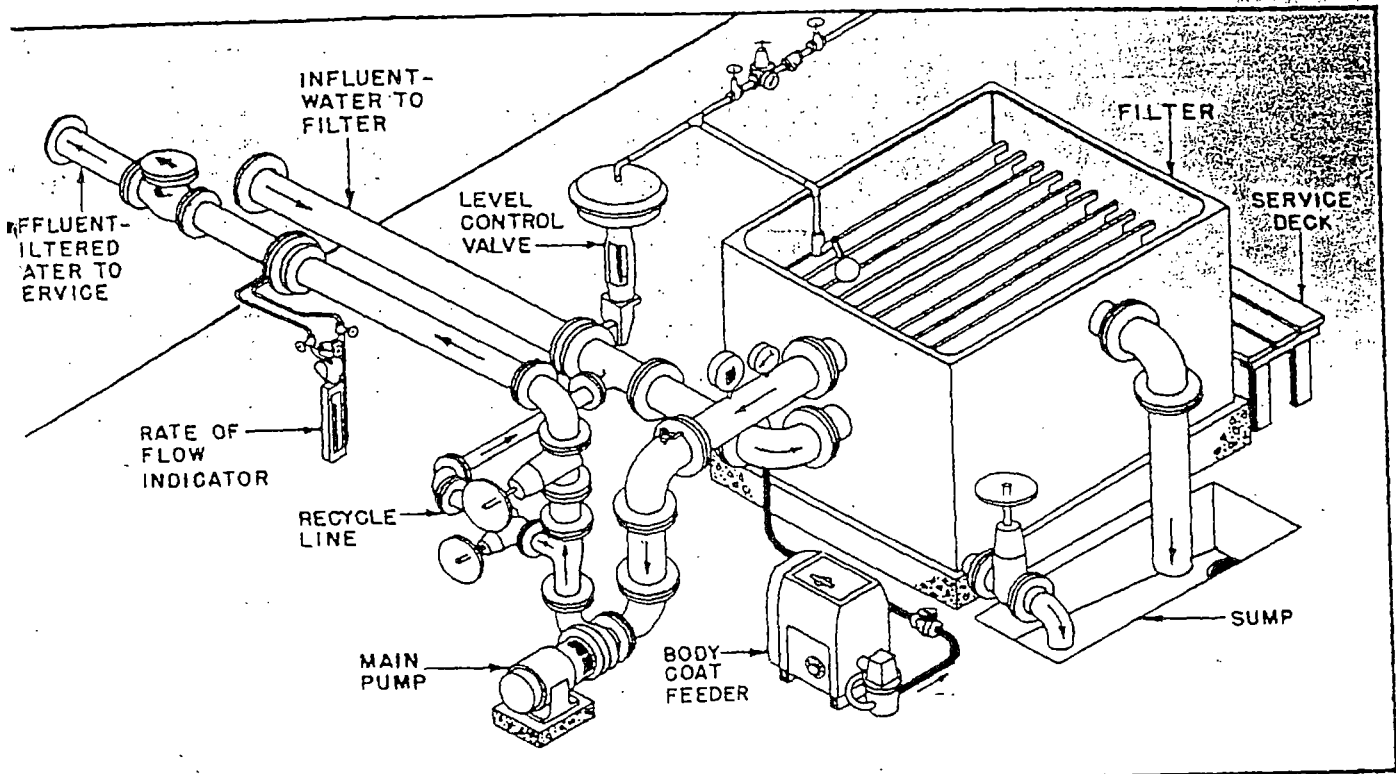


Figure 7. DE filter installation for large systems showing the filter bay, plumbing, and leaf elements.

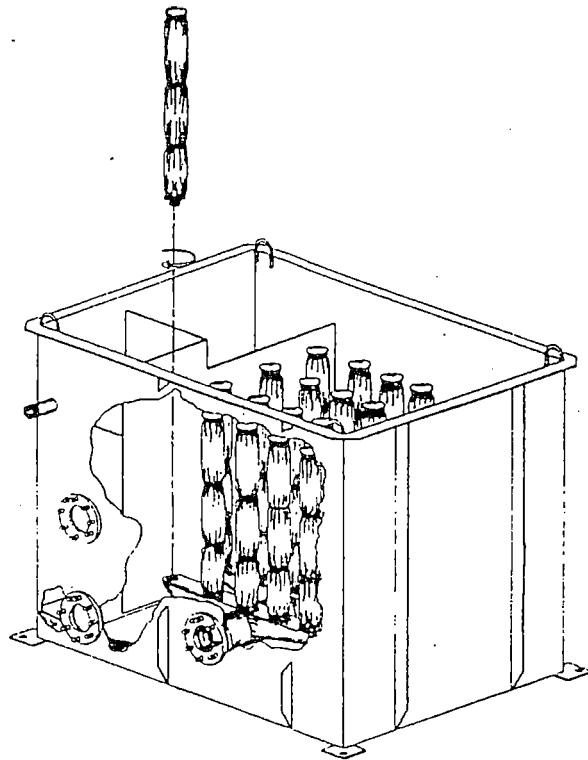


Figure 8. DE filter for large systems showing the filter bay, manifold, and column elements.

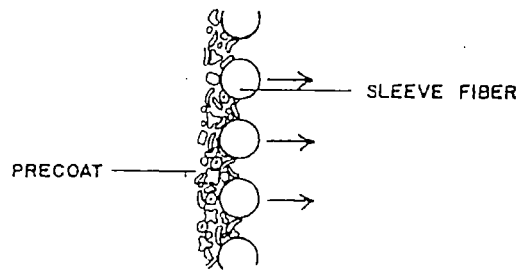


Figure 9. Diagrammatic cross section (magnified) showing the sleeve fibers and beginning of a filter cake, or precoat.

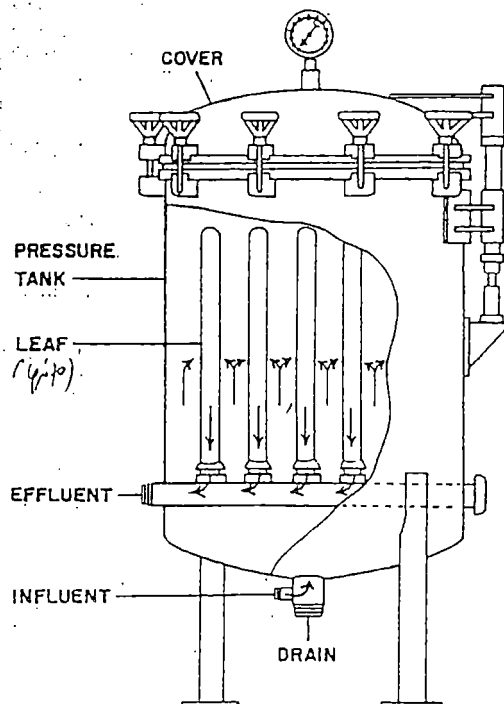


Figure 10. DE pressure filter for large systems showing the pressure tank, gauge, elements, and direction of water flow.

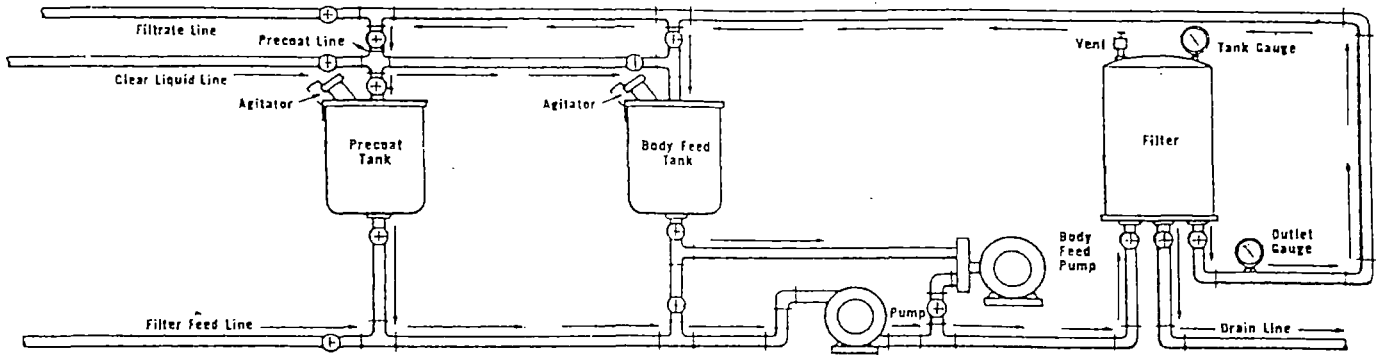


Figure 11. Typical DE filter installation for large systems showing the precoat pot, plumbing, pressure filter, and body feeder.

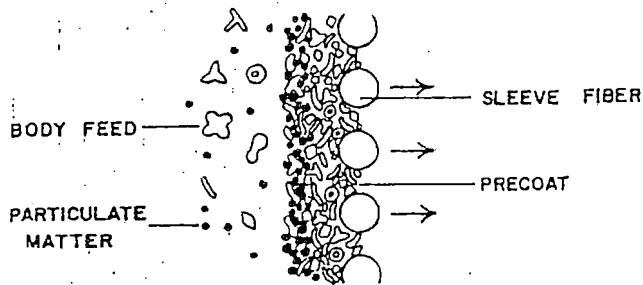


Figure 12. Diagrammatic cross section (magnified) of a filter sleeve showing the sleeve fibers and cake porosity sustained with body feed.

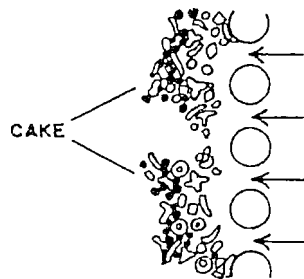


Figure 13. Diagrammatic cross section (magnified) of a filter sleeve showing the sleeve fibers and cake removal by backwashing.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ο βιολογικός καθαρισμός απομακρύνει μέρος των οργανικών από τη στήλη του νερού μέσω της διαδικασίας του mineralization. Η μηχανική καθαρισμός ελαττώνει τα επίπεδα του σωματιδιακού υλικού και των κολλοειδών οργανικών μέσω του περάσματος από άμμο και φίλτρα γης διατόμων. Αλλά καμμία από τις παραπάνω διαδικασίες δεν είναι ικανή να διατηρήσει τα επίπεδα των διαλυμένων οργανικών μέσα σε ασφαλή όρια. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με χημικό καθαρισμό.

Η χημικός καθαρισμός είναι η απομάκρυνση των ουσιών (κυρίως διαλυμένων οργανικών αλλά επίσης νιτρικών και φωσφορικών ενώσεων) από ένα διάλυμα, σε μοριακό επίπεδο, μέσω της προσρόφησης σε πορώδες υπόστρωμα ή μέσω άμεσης κλασματοποίησης ή χημικής οξειδωσης. Αυτό είναι απαραίτητο για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον, η ελάττωση του επιπέδου των οργανικών μειώνει τον αριθμό των διαθέσιμων υποστρωμάτων για ετεροτροφική οξείδωση. Αυτό όμως ελλοτώνει το οξειδωτικό δυναμικό του συστήματος και βοηθάει στη διατήρησή του μέσα στα όρια της φέρουσας δυναμικότητάς του. Δεύτερο, πολλά από τα οργανικά που υπάρχουν σε διαλυτή μορφή έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς (βλ. ενότητα 7.3).

Πολλά ζώα, ιδιαίτερα θαλάσσια ασπόνδυλα, λαμβάνουν ενεργητικά, διαλυμένα οργανικά από το νερό. Αυτή η δραστηριότητα φαίνεται να είναι εκλεκτική (Fontaine & Chia, 1968) και μπορεί να είναι σημαντική στην φυσική αύξηση και φυσιολογική ισορροπία τους. Ωστόσο, όταν προσθέτονται βιταμίνες, σε ένα κλειστό σύστημα, το ποσοστό που δεν χρησιμοποιείται από τα ζώα παρέχει μια επιπρόσθετη πηγή ενέργειας για ετεροτροφική οξείδωση. Γι' αυτό το λόγο, ακόμη και ευεργετικά οργανικά πρόσθετα συνεισφέρουν στην αύξηση των οργανικών επιπέδων και στην ελάττωση της φέρουσας δυναμικότητας του συστήματος.

Από την καλλιεργητική σκοπιά, ότι συσσωρεύεται στο νερό, σε μορφή οργανικών, είναι πολύ πιο σημαντικό από αυτό που μπορεί να λείπει. Οι βιταμίνες, απαραίτητες για την αύξηση, μπορεί να προστεθούν στο νερό καλλιέργειας ξεχωριστά, αλλά καμμία

διαδικασία χημικού καθαρισμού δεν είναι τόσο εκλεκτική στις ουσίες που απομακρύνει. Αυτή η μειονέκτημα γίνεται ακόμη πιο περίπλοκο λόγω της πολυπλοκότητας και του αριθμού των οργανικών ουσιών που έχουν βρεθεί σε μια "ζωντανή" στήλη νερού, μερικές από τις οποίες έχουν μετρηθεί και περιγραφεί. (Τα πιο συνοπτικά αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τον Deguchi, 1960.)

Απομάκρυνση των Διαλυμένων Οργανικών μέσω Προσρόφησης

Υπάρχουν πολλές επιπρόσθετες αιτίες για τις οποίες τα διαλυμένα οργανικά πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα. Πολλές ουσίες διαλυτές στο κλωροφόρμιο παρεμβαίνουν στην ανταλλαγή αερίων στην μεσόφαση νερού-αέρα. Αυτές οι ουσίες είναι οι υψηλού μοριακού βάρους λιπαρά οξέα και αλκοόλες, λιγότερο διαλυτές νερό. Όταν υπάρχει ανταγωνισμός για θέσεις προσρόφησης απωθούν τις περισσότερες διαλυτές, στο νερό, ουσίες πέρα από τις επιφανειακές θέσεις (Garrett, 1967). Σε κλειστά συστήματα, είναι σημαντικό το γεγονός, ότι λιπιδικά υπόλοιπα, λόγω τροφών και αποβλήτων των ζώων, συχνά σχηματίζουν αδιάλυτα επιφανειακά φιλμς. Σε συνθήκες χαμηλής ανακύκλωσης αυτές οι ενώσεις μπορούν να επέμβουν σοβαρά στην ανταλλαγή αερίων στην επιφάνεια του νερού.

Τα διαλυμένα οργανικά παρατείνουν τη ζωή των φυτσαλίδων του αέρα που μπαίνουν στο νερό καλλιέργειας μέσω τεχνητού αερισμού. Ειδικά στα θαλάσσια συστήματα, προκαλούν εκτεταμένο επιφανειακό αφρό και χρόνια παρουσία πολύ μικρών φυτσαλίδων αέρα στο νερό.

Ο Garrett (1967) βρήκε ότι η διάρκεια ζωής των φυτσαλίδων στη επιφάνεια εξαρτάται κατά ένα μέρος από τη χημική σύνθεση του νερού - με άλλα λόγια αν το επιφανειακό φιλμ ήταν παρόν ή όχι. Κατά τη διάρκεια ελέγχων, οι φυτσαλίδες σπάνε αμέσως μόλις φτάσουν στην επιφάνεια του θαλασσινού νερού, που περιέχει μικρή ποσότητα οργανικών υλικών. Οι Miyake & Abe (1948) βρήκαν ότι η διάρκεια ζωής του επιφανειακού αφρού, στο θαλασσινό νερό, εξαρτιόταν από τη θερμοκρασία. Ωστόσο, το ύψος του αφρού εξαρτιόταν από την ποσότητα των οργανικών υλικών που βρισκόταν σε διάλυση. Σε φυσικό θαλασσινό νερό το ύψος ήταν 1.7 cm και σε τεχνητό μίγμα ανοργάνων αλάτων 1.2 cm. Η διαφορά αποδόθηκε στην παρουσία διαλυμένων οργανικών στο φυσικό μέσο.

Μερικά βασικά συμπεράσματα που αφορούν το χημικό καθαρισμό, μπορούν να εξαχθούν παρόλη την έλλειψη συνοπτικών δεδομένων. Αυτά συζητούνται στις επόμενες δύο ενότητες. Στην τελευταία ενότητα γίνεται μια εκτίμηση των διαφορετικών μεθόδων. Μια πολύ καλή ανασκόπηση των μεθόδων χημικής καθαρισμούς δίνεται από τον Clasceri (1968).

3.2 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ

Ενεργός Άνθρακας

Ο ενεργός άνθρακας είναι μια πορώδης ουσία και ο βαθμός αποτελεσματικότητάς του ή προσροφική δυνατότητα μετρείται από την ολική επιφάνεια μέσα στους πόρους η οποία είναι διαθέσιμη στο να προσελκύσει χημικά κάποια οργανικά μόρια. Η έκταση αυτής της επιφάνειας είναι αξιοσημείωτη. Μια λίβρα, δηλ. 453 γρ., τύπου λεπτόκοκκης σκόνης μπορεί να σχηματίζει μερικά εκατομμύρια τετραγωνικά πόδια επιφάνειας. Στις υδρόβιες καλλιέργειες χρησιμοποιείται συνήθως ο κοκκώδης τύπος. Μια διαγραμματική αντίληψη της εσωτερικής δομής του ενεργού άνθρακα δίνεται στην Εικ. 14.

Μια άριστη μελέτη της αποτελεσματικότητας του ενεργού άνθρακα στην απομάκρυνση των οργανικών ουσιών από το νερό απορροής έγινε από τον Parkurst *et al.* (1967). Χρησιμοποιημένο νερό το οποίο δεν είχε προηγουμένως διηθηθεί ή επεξεργαστεί χημικά, περάστηκε διαμέσου φίλτρων υψηλής πίεσης που περιείχαν κοκκώδη ενεργό άνθρακα. Ο ρυθμός ροής από το στρώμα ενεργού άνθρακα ήταν 7 gsfm.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων δίνονται στον Πιν. 2. Αυτά δείχνουν ότι ο ενεργός άνθρακας είναι ένα άψογο μηχανικό φίλτρο όπως φαίνεται από τις ελατούμενες τιμές των αιωρούμενων στερεών συστατικών και της θολότητας (μετρημένης σε Μονάδες Θολότητας Jackson). Η COD (Χημική Απαίτηση σε Οξυγόνο), η διαλυμένη COD και η TOC (Ολικός Οργανικός Άνθρακας) ελαττώθηκαν σημαντικά μετά το πέρασμα του νερού από στρώματα ενεργού άνθρακα. Ο χρωματισμός και η οσμή του φιλτραρισμένου νερού μειώθηκαν, ενισχύοντας την ένδειξη της ελάττωσης των οργανικών ουσιών.

Η ελάττωση των τιμών των νιτρικών στο εξερχόμενο νερό αποδόθηκε στην απονιτροποίηση από τα βακτήρια που βρίσκονταν στην επιφάνεια του ενεργού άνθρακα παρά στην προσρόφηση από τον ενεργό άνθρακα. Οι ερευνητές υπολόγισαν ότι η απομάκρυνση του διαλυτού COD κατά ένα ποσοστό 10-20% οφειλόταν στη βιολογική ανοργανοποίηση. Αυτό συνέβει στο πρώτο τμήμα, των κατά σειρά συνδεδεμένων φίλτρων ενεργού άνθρακα. Το τελευταίο τμήμα, με άλλα λόγια, απομάκρυνε το ίδιο ποσό διαλυμένων οργανικών, όπως και τα τρία προηγούμενα, παρόλο που το νερό είχε περάσει μέσα από τα υπόλοιπα επίπεδα. Δεύτερο και σημαντικότερο, ήταν το ότι βρέθηκε ότι 55 λίβρες διαλυτού COD μπορούν να απομακρυνθούν από 100 λίβρες ενεργού άνθρακα.

Επιπρόσθετες αποδείξεις για την υψηλή αποτελεσματικότητα του ενεργού άνθρακα σε λασπώδη υλικά δόθηκε από τους Weinberger *et al.* (1966) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι ...Μετά την απομάκρυνση των κολλοειδών ουσιών και αιωρούμενων στερεών, τα διαλυμένα οργανικά μπορεί να απομακρυνθούν αποτελεσματικά όταν έλθουν σε επαφή με κόκκους ενεργού άνθρακα. Αυτός ο άνθρακας θα προσροφήσει 20-30% του βάρους του σε οργανικά που προέρχονται από το νερό απορροής.....

Εξι παράγοντες επηρεάζουν το ρυθμό προσρόφησης του ενεργού άνθρακα: pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση διαλυμένων οργανικών, μέγεθος των κόκκων του άνθρακα, τύπος του χρησιμοποιούμενου άνθρακα και χρόνος επαφής μεταξύ άνθρακα και νερού.

Μείωση του pH έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της προσρόφησης των αρνητικά φορτισμένων ουσιών (Morris & Weber, 1964). Πιθανώς, μια αύξηση του pH θα είχε σαν αποτέλεσμα την ελάττωση προσρόφησης των θετικά φορτισμένων ενώσεων. Εν τούτοις, το pH του νερού καλλιέργειας είναι ένας σχετικά σταθερός παράγοντας και πιθανόν δεν επηρεάζει σημαντικά την ικανότητα προσρόφησης.

Η αποτελεσματικότητα του ενεργού άνθρακα αυξάνεται αυξανόμενης της θερμοκρασίας (Morris & Weber, 1964). Παρόλα αυτά, η θερμοκρασία όπως και το pH είναι ένας σταθερός παράγοντας του νερού καλλιέργειας, σε καλά διαχειριζόμενα συστήματα, και γι' αυτό το λόγο δεν είναι πιθανό να παίζει σημαντικό ρόλο. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η προσρόφηση αυξάνεται αυξανόμενης της θερμοκρασίας. Και αυτό υποδεικνύει ότι ο ενεργός άνθρακας μπορεί να είναι ελαφρά πιο αποτελεσματικός σε θερμά απ' ό τι σε ψυχρά συστήματα νερού.

Η ποσότητα των διαλυμένων οργανικών, που απομακρύνεται από τον ενεργό άνθρακα δεν είναι μια γραμμική συνάρτηση του χρόνου. Σύμφωνα με τους Morris και Weber (1964) η προσρόφηση περιλαμβάνει τον ".....γρήγορο σχηματισμό μιας μεσοφασικής συγκέντρωσης ισορροπίας ακολουθούμενης από αργή διάχυση μέσα στα σωματίδια του άνθρακα". Με άλλα λόγια, ο ρυθμός προσρόφησης ενώ είναι μεγαλύτερος αρχικά, ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου.

Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι του ενεργού άνθρακα, τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια προσρόφησης. Λεπτόκοκκη σκόνη έχει τη μεγαλύτερη επιφάνεια όπως προαναφέρθηκε. Γενικά, η σκόνη ενεργού άνθρακα είναι μη πρακτική γιατί είναι δύσκολη στους χειρισμούς και επίσης είναι δύσκολη η αποτροπή της από της εισόδου της στο σύστημα καλλιέργειας. Ο κοκκώδης τύπος είναι τόσο χημικά αποτελεσματικός όσο και εύκολος στους χειρισμούς.

Πολλές μάρκες και τύποι ενεργού άνθρακα είναι διαθέσιμοι, αλλά δεν υπάρχει σύγκρισή των ιδιοτήτων τους μέχρι τώρα σε νερό καλλιέργειας. Οι περισσότεροι τύποι ενεργού άνθρακα κατασκευάζονται από υλικά βασισμένα στην κυτταρίνη όπως κάρβουνο, ξύλο και διάφορα είδη καρπών καρύδας. Ο ενεργός άνθρακας γίνεται επίσης από οστά ζώων. Αυτός ο τύπος έχει το πλεονέκτημα ότι είναι πιο συνεκτικός (πυκνός)

από το νερό, αλλά η αποτελεσματικότητά του φαίνεται να είναι μικρότερη από αυτή των άλλων τύπων.

Η ποσότητα των οργανικών που προσροφούνται είναι κατά ένα μέρος συνάρτηση του χρόνου επαφής. Η ολική προσρόφηση αυξάνεται αυξανόμενου του χρόνου επαφής.

Αναγέννηση των προσροφητικών ιδιοτήτων του κορεσμένου άνθρακα μπορεί να γίνει μόνο κάτω από πίεση ατμού. Σκέτη ξηρή θέρμανση όπως ψήσιμο σε φούρνο, δεν μπορεί να αποσυνθέσει και να απομακρύνει ένα μεγάλο μέρος των οργανικών. Οι Parkhurst *et al.* (1967) έδωσαν μια περιγραφή του φούρνου αναγέννησης. Λαμβάνοντας υπόψη το κόστος αναγέννησης είναι πολύ πιο φτηνό να πεταχθεί ο χρησιμοποιημένος άνθρακας, εκτός και αν αναφερόμαστε σε εξαιρετικά μεγάλες εγκαταστάσεις π.χ. εγκαταστάσεις που επεξεργάζονται πάνω από ένα εκατομμύριο γαλιόνια νερού την ημέρα.

Όταν ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται σε συνδιασμό με βιολογικό καθαρισμό, είναι πολύ καλύτερα να διατηρούμε τον άνθρακα σε ξεχωριστό δοχείο. Το να σκορπίσουμε τον άνθρακα στην επιφάνεια του φίλτρου δεν συνιστάται γιατί από την στιγμή που αυτό το υλικό θα γίνει κορεσμένο πρέπει να διαχωριστεί από το καλκιδές υπόστρωμα.

Σε συστήματα καλλιέργειας εκατό γαλιονίων ή λιγότερο, μια γωνία του ενυδρείου ή εξωτερικά φίλτρα, ενεργού άνθρακα, είναι αποτελεσματικά. Εφόσον το νερό που μπαίνει στο ενυδρείο δεν είναι προφιλτραρισμένο, είναι πολύ καλύτερο να τοποθετηθεί κρουνός με σφικτά πακεταρισμένο υαλοβάμβακα μέσα στη δεξαμενή στην επιφάνεια του άνθρακα. Αυτό ελλατώνει την επικάλυψη των κόκκων του άνθρακα από κολλοειδείς ενώσεις.

Σε συστήματα που λειτουργούν με αντλίες υποπίεσης αέρα (airlifts) με όγκους 100-1000 γαλιόνια, το σύστημα του ενεργού άνθρακα μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί από ένα σωλήνα PVC. Στα άκρα του συστήματος πρέπει να προσαρμόζονται κινητά πώματα για ευκολότερη συντήρηση. Το άκρο εκροής πρέπει να έχει προσαρμοσμένο εσωτερικά ένα διάτρητο δίσκο, ή μέρος ενός πλαστικού χωρίσματος, ή ένα πώμα με υαλοβάμβακα ώστε να εμποδίζει την έξοδο του άνθρακα από το σωλήνα PVC καθώς το νερό αναρρωφάται λόγω του αέρα. Το σύστημα πρέπει να περιλαμβάνει μια παράπλευρη διάταξη έτσι ώστε να επιτρέπεται στο νερό να ανακυκλώνεται μέσω ενός βιολογικού φίλτρου όταν το σύστημα του άνθρακα αποενεργοποιείται για επαναφόρτιση. Το σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί σε μια οριζόντια θέση κάτω από το σύστημα καλλιέργειας.

Το σύστημα επαναφορτίζεται αποσυνδέοντας και τα δυο άκρα. Είναι πολύ πιο εύκολο να ξεβιδωθούν τα πώματα εισόδου και εξόδου αν αποτελούνται από εύκαμπτο σωλήνα παρά αν αποτελούνται από σκληρό σωλήνα PVC. Το χρησιμοποιημένο υλικό πρέπει να αντικατασταθεί με νέο άνθρακα ο οποίος έχει πλυθεί πολύ καλά κάτω από

καθαρό νερό ώστε να απομακρυνθεί η σκόνη. Τα εισερχόμενα αρσενικά άκρα μπορούν να τυλιχθούν με τεφλόν ώστε να εμποδισθεί η διαρροή.

Για συστήματα 1.000-10.000 γαλονιών ένα αποτελεσματικό και εύχρηστο σύστημα μπορεί να κατασκευαστεί από συλλέκτες (κυλινδρικά δοχεία) 55 γαλονιών με κινητά καπάκια. Το εσωτερικό των συλλεκτών πρέπει πρώτα να περαστεί με δυο στρώματα εποξικού χρώματος ώστε να αποφευχθεί το σκούριασμα. Στα πλάγια γίνονται δύο τρύπες διαμέτρου μιας ίντσας, μια στο πάνω μέρος και μια άλλη κοντά στον πυθμένα. Μιας ίντσας σφηνοειδή κολλάρα από PVC χρησιμοποιούνται για να στεγανοποιήσουν αυτές τρύπες από τη μέσα μεριά, ενώ από την έξω μεριά τοποθετείται ένα εύκαμπτο λάστιχο PVC πάνω στις φλάντζες. Η χρησιμοποίηση μιας υποστηρικτικής επιφάνειας του άνθρακα, έτσι ώστε να κρατά τον άνθρακα πάνω από την έξοδο του πυθμένα κρίνεται μη απαραίτητη αν χρησιμοποιηθεί ένα πλαστικό κόσκινο στη μέσα μεριά της φλάντζας. Αυτό είναι αρκετό ώστε να εμποδίσει την είσοδο των σωματιδίων του άνθρακα στο νερό. Η είσοδος του νερού στο σύστημα πρέπει να γίνεται από μια διακλάδωση της γραμμής επιστροφής στο βιολογικό φίλτρο, όπως στην Εικ. 15. Μια αναπαράσταση ενός τέτοιου συστήματος φαίνεται στην Εικ. 17.

Κάθε συλλέκτης πρέπει να γεμίζεται κατά 3/4 με ξεπλυμένο άνθρακα. Ένας συλλέκτης πρέπει να χρησιμοποιείται για 1.000 γαλόνια νερού καλλιέργειας. Διάφοροι συλλέκτες οι οποίοι εξυπηρετούν ένα κοινό σύστημα μπορούν να λειτουργούν είτε ξεχωριστά είτε σε σειρά.

Συστήματα καλλιέργειας μεγαλύτερα των 10.000 γαλονιών απαιτούν συστήματα άνθρακα εξοπλισμένα με μηχανικές αντλίες. Τα περισσότερα φίλτρα πίεσεως αμμου είναι κατάλληλα. Αυτές οι μονάδες, απλά, γεμίζονται με κοκκώδη άνθρακα αντί άμμου. Τα φίλτρα πρέπει να έχουν κινητά καπάκια, όπως φαίνεται στην Εικ. 18, εφόσον είναι απαραίτητο να αδειάζουν και να γεμίζουν περιοδικά.

Οι μηχανικές αντλίες απαιτούνται λόγω της μικρής επιφάνειας αυτών των φίλτρων πίεσεως άμμου, παρόλο που η προσρόφηση γίνεται σε όλη τη στήλη του άνθρακα. Η μηχανική αντλία αντισταθμίζει αυτό το ελάττωμα, αυξάνοντας το ρυθμό ανακύκλωσης μέσω του συστήματος άνθρακα. Σαν αποτέλεσμα αυξάνεται ο χρόνος επαφής επειδή, σε κλειστά συστήματα, το ίδιο νερό περνά συνεχώς μέσω της στήλης του άνθρακα. Έτσι το νερό έρχεται σε επαφή με τον άνθρακα πιο συχνά σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Αυτό ασφαλώς δεν αποτελεί τον κανόνα σε ανοικτά συστήματα, όπου το νερό περνά μέσα από τον άνθρακα μια φορά. Σε ανοικτά συστήματα ο αργός ρυθμός ανακύκλωσης είναι πιο αποτελεσματικός. Ένας άλλος τρόπος να ξεπεράσουμε την ελαττωμένη επιφάνεια σε τέτοιου είδους φίλτρα είναι να μειώσουμε το μέγεθος του πλέγματος (δηλ. των κόκκων) του άνθρακα. Αυτό αυξάνει την ολική επιφάνεια της στήλης του άνθρακα.

Ο ρυθμός ανακύκλωσης πρέπει να προσαρμόζεται έτσι ώστε ο ολικός όγκος του συστήματος να περνά μέσα από τον άνθρακα σε 24 ώρες.

Η βασική ερώτηση του χημικού καθαρισμού με ενεργό άνθρακα είναι πόσο συχνά πρέπει να αλλάζει το σύστημα φιλτραρίσματος ή για να το θέσουμε με ένα άλλο τρόπο πόσο συχνά αυτό το σύστημα γίνεται κορεσμένο. Οι υπολογισμοί ποικίλουν από μια φορά τη βδομάδα έως ποτέ. Και οι δυο απαντήσεις περιέχουν μέρος της αλήθειας. Νωρίτερα σ' αυτή την ενότητα επώθηκε ότι ο ρυθμός προσρόφησης δεν ήταν γραμμικός αλλά έφθανε ένα μέγιστο αρχικά και μετά επιβραδυνόταν. Οι καλλιεργητές, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για μερικά μόνο μικρά συστήματα, ίσως παρατηρήσουν ελαφρές αλλαγές στα επιθυμητά όρια. Αλλά αν διαχειρίζονται μεγάλα συστήματα τότε οι ανθρωπο-ώρες που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του συστήματος άνθρακα μαζί με τα έξοδα του άνθρακα κάνουν τέτοιου είδους συχνές αλλαγές μη πρακτικές.

Στο άλλο άκρο - το να μην αλλάζεται ποτέ ο άνθρακας - οι διαδικασίες μικροβιακής ανοργανοποίησης στους κόκκους τελικά βοηθούν στην απομάκρυνση των οργανικών αρκετά μετά από τότε που ο άνθρακας χάνει τις προσροφητικές του ιδιότητες. Αλλά αυτό θα μπορούσε επίσης να επιτευχθεί αυξάνοντας την επιφάνεια του βιολογικού φίλτρου.

Ο μόνος σίγουρος τρόπος του για να μάθουμε πότε η στήλη του άνθρακα έχει κορεσθεί, είναι να παρακολουθούνται τα επίπεδα των οργανικών στην έξοδο του συστήματος. Όταν αυτά αρχίζουν να αυξάνονται τότε είναι η κατάλληλη ώρα για την αλλαγή του άνθρακα. Η ελάχιστη ποσότητα του άνθρακα που απαιτείται ώστε να διατηρούνται τα διαλυμένα οργανικά, στο νερό καλλιέργειας, σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο δεν έχει καθοριστεί. Πολλές παράμετροι εμπλέκονται - φέρουσα δυναμικότητα, ο τύπος και ο ρυθμός προφιλτραρίσματος, η φύση των διαλυμένων οργανικών, η θερμοκρασία, το pH και το μέγεθος των κόκκων του άνθρακα, για να αναφέρουμε μερικές. Έτσι ο καλλιεργητής αφήνεται πολύ ελεύθερος στο να αποφασίσει πόσο από το υλικό πρέπει να χρησιμοποιήσει και πόσο συχνά πρέπει να το αλλάξει. Στα διάφορα συστήματα, που περιγράφηκαν πιο πάνω, ένα ικανοποιητικό όριο αλλαγής εμφανίζεται να είναι οι τρεις μήνες αλλά πρέπει να τονισθεί ότι αυτό είναι μάλλον μια εκτίμηση, περισσότερο πρακτικής σημασίας παρά επιστημονική.

Ρητίνες Ιοντοανταλλαγής

Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής είναι ηλεκτροχημικά φορτισμένες ρητίνες οι οποίες απομακρύνουν ιόντα από το διάλυμα, ανταλλάσσοντάς τα με άλλου είδους ιόντα. Σύμφωνα με τον Kunin (1963) αυτές οι ρητίνες κατασκευάζονται με τις ακόλουθες ιδιότητες: Ισχυρώς όξινα κατιόντα, ασθενώς όξινα κατιόντα, ισχυρώς βασικά ανιόντα και ασθενώς βασικά ανιόντα. Η επιλογή της ρητίνης εξαρτάται από τις ιδιότητες των ουσιών που θέλουμε να απομακρύνουμε από το διάλυμα. Οι ασθενέστερες ρητίνες προτιμούνται, αν μπορούν να απομακρύνουν τις ζητούμενες ουσίες, επειδή είναι

ευκολότερο να αναγεννηθούν (τελικά η ρητίνη εξαντλείται και πρέπει να αντικατασταθεί).

Ρητίνες ανταλλαγής ισχυρώς όξινων κατιόντων (κατιοντοανταλλακτικές), με τη μορφή Na, έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές για την απομάκρυνση της αμμωνίας από νερά που έχουν χρησιμοποιηθεί σε αρδευτικά έργα. Αυτό έχει αναφερθεί από τον Nesselson (1954) και επίσης από τους Culp και Slechta (1966), οι οποίοι χρησιμοποίησαν αυτό τον τύπο ρητίνης με αποτέλεσμα να επιτύχουν 82-99.5% απομάκρυνση της αμμωνίας από φυτικά λύματα.

Ρητίνες ανταλλαγής ισχυρώς βασικών ανιόντων (ανιοντοανταλλακτικές) σε μορφή κλωρίου είναι κατάλληλες για την απομάκρυνση των νιτρικών ιόντων. Αυτό έχει αναφερθεί από τον Nesselson (1954). Οι Eliassen *et al.* (1965) μπόρεσαν να απομακρύνουν 92% των νιτρικών και 95% των φωσφορικών από φυτικά λύματα χρησιμοποιώντας αυτό τον τύπο ρητίνης. Η ρητίνη μπορούσε να αναγεννηθεί χρησιμοποιώντας ένα διάλυμα NaCl 10%. Η αναγέννηση επιτυγχάνονταν χρησιμοποιώντας δυο όγκους στήλης (1 όγκος στήλης = ο όγκος της στήλης της ρητίνης) ενός διαλύματος NaCl 10%. Ο Martinez (1962) πέτυχε 99% απομάκρυνση νιτρικών και 98% ορθοφωσφορικών από φυτικά λύματα, χρησιμοποιώντας τον ίδιο τύπο ρητίνης.

Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι όλα τα παραπάνω πειράματα έγιναν σε γλυκά νερά. Είναι απίθανο ότι τα ίδια αποτελέσματα μπορούν να επιτευχθούν σε θαλασσινό νερό, το οποίο εκ των πραγμάτων, περιέχει μεγάλη συγκέντρωση ιόντων. Στην περίπτωση των κατιοντοανταλλακτικών νατρίου, τα ιόντα νατρίου στο διάλυμα καταλαμβάνουν πολύ γρήγορα την πλειονότητα των θέσεων ανταλλαγής. Το ίδιο πράγμα θα συνέβαινε με τα ιόντα κλωρίου στις ρητίνες ανιοντοανταλλαγής. Οι Eliassen *et al.* (1965) σημείωσαν ότι

... Επειδή η διαδικασία εξαρτάται από την ανταλλαγή κλωρίου, ένα υψηλό φορτίο κλωρίου στην είσοδο ελαττώνει αρκετά την ανταλλαγή και για αυτό την απομάκρυνση των νιτρικών και των φωσφορικών....

Αυτοί συμπέραναν ότι

...Η ποιότητα του νερού εκροής εξαρτάται περισσότερο από την αρχική συγκέντρωση των κλωριούχων ενώσεων παρά από τη συγκέντρωση του αζώτου και του φωσφόρου.

Η ίδια αρχή εφαρμόζεται σε άλλα ανιόντα και οι Eliassen *et al.* (1965) προχωρούν και λένε το εξής

... Τα θεϊκά ανταλλάσσονται πολύ αποτελεσματικά από βασικές ανιονικές ρητίνες και μια υψηλή συγκέντρωση θεϊκών χρησιμοποιεί τις θέσεις δέσμευσης της ρητίνης πριν γίνει η απομάκρυνση των νιτρικών και των φωσφορικών...

Στο θαλασσινό νερό, το κλώριο υπάρχει σε μια ποσότητα 19.000 ppm και τα φωσφορικά σε μια ποσότητα 885 ppm (βλ. Πιν. 8). Οι ίδιοι συγγραφείς επισήμαναν ότι το περιεχόμενο σε κλώριο, που ήταν 200 ppm στο νερό των πειραμάτων τους, προκαλούσε σημαντική παρεμβολή στις διαδικασίες ιοντοανταλλαγής.

Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής έχουν τρία βασικά μειονεκτήματα, όταν χρησιμοποιούνται στην καλλιέργεια των υδρόβιων οργανισμών. Πρώτον, περιορίζονται στο να χρησιμοποιούνται σε γλυκά νερά. Δεύτερο, υπόκεινται σε οργανικό φράξιμο ή επιμόλυνση (fouling). Τρίτο, διάφορες από τις ουσίες, απαραίτητες για την απομάκρυνση των οργανικών, είναι είτε άμεσα τοξικές ή παράγουν ανεπιθυμητές αλλαγές στο νερό.

Τα οργανικά κολλοειδή στο νερό περιβάλλουν τα σωματίδια της ρητίνης και ελαιώνουν τις θέσεις ανταλλαγής. Οι μηχανισμοί εμφανίζονται να είναι ίδιοι με αυτούς που παρατηρήθηκαν κατά την επικάλυψη των ανθρακικών σωματιδίων. Η οργανική επιμόλυνση των ρητινών ιοντοανταλλαγής έχει αναφερθεί από τους Frisch και Kunin (1960) και Eliassen *et al.* (1965). Οι τελευταίοι έδωσαν αποδείξεις επιμόλυνσης, κατά τη διάρκεια της απομάκρυνσης φωσφορικών, όπως δείχνεται στην Εικ. 19. Οι ουσίες αυτές μπορούν να απομακρυνθούν από την επιφάνεια της ρητίνης με υδροξείδιο του νατρίου, υδροχλωρικό οξύ και μεθανόλη και ξεπλένοντας τη στήλη με bentonite, το οποίο δρα σαν ένα μηχανικό σφουγγάρι πάνω στα σωματίδια της επιφάνειας. Το bentonite ήταν η πιο αποτελεσματική μέθοδος όπως δείχνεται στην Εικ. 20.

Ο πιθανός κίνδυνος αυτών των τεχνικών καθαρισμού είναι προφανής. Υπερβολικές ποσότητες καυστικού νατρίου και υδροχλωρικού οξέος, που μπορεί να μείνουν στη στήλη μετά το ξέπλυμα, μπορούν πολύ γρήγορα να τροποποιήσουν το pH σε μικρά ασθενώς ρυθμιζόμενα συστήματα. Η μεθανόλη είναι άμεσα τοξική. Μόνο το bentonite είναι ασφαλές. Ωστόσο, αν χρησιμοποιηθεί το bentonite πρέπει να ληφθεί πρόνοια ώστε τα όποια υπολείματά του να απομακρυνθούν με μηχανικά φίλτρα γιατί διαφορετικά η θολότητα του νερού θα αυξηθεί.

Οι Eliassen *et al.* (1965) πρότειναν τη χρήση φίλτρων γης διατόμων ώστε να απομακρυνθούν τα οργανικά κολλοειδή πριν φθάσουν τη στήλη, μια διαδικασία η οποία θα μπορούσε να είναι απαραίτητη στις καλλιέργειες. Δεν υπάρχει καμιά ισχυρή απόδειξη ότι είτε τα νιτρικά ή τα φωσφορικά είναι άμεσα τοξικά στα υδρόβια ζώα. Ωστόσο, και τα δύο θεωρούνται σαν θρεπτικά στοιχεία και μπορούν να προκαλέσουν την έναρξη των blooms φυκών σε κλειστά συστήματα, αν συσσωρευθούν. Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής είναι δυνητικά χρήσιμες στην απομάκρυνση νιτρικών και φωσφορικών, παρόλο που σε καλά διαχειριζόμενα συστήματα τα επίπεδα των νιτρικών σπάνια υπερβαίνουν τα 20 ppm.

Η αμμωνία είναι εξαιρετικά τοξική για τα υδρόβια ζώα. Σε συστήματα όπου η φέρουσα δυναμικότητα είναι σταθερή και λίγα μόνο ζώα προσθέτονται ή αφαιρούνται, τα επίπεδα της αμμωνίας, σαν ολικά ιόντα αμμωνίου, σπάνια υπερβαίνουν τα 0.1 ppm.

Ωστόσο, σε εμπορικά συστήματα καλλιέργειας, με μια συνεχή ανακύκλωση των ζώων, η αμμωνία μπορεί να υπερβεί αυτή την τιμή, ειδικά αν τα συστήματα διατηρούνται κοντά στη μέγιστη δυναμικότητά τους. Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής μπορούν να είναι χρήσιμες σε τέτοιες καταστάσεις για απομάκρυνση της περίσσειας της αμμωνίας ενώ τα βακτήρια που χρησιμοποιούν αζωτούχες ενώσεις εξισορροπούν την κατάσταση μέσα στη στήλη του φίλτρου.

Η εργασία των Eliaseen *et al.* (1965) προτείνει ότι οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής δεν είναι πολύ αποτελεσματικές στην απομάκρυνση του διαλυτού COD. Η ποσότητα αυτών των απομακρυνόμενων παραγόντων (και άλλων που έχουν αναφερθεί) δύναται περιληπτικά στην Εικ. 21. Είναι δυνατόν - αλλά όχι πιθανόν - άλλοι τύποι ρητίνης να είναι πιο κατάλληλοι από αυτούς που έχουν ελεγχθεί. Τα διαλυμένα οργανικά περιβάλλουν τα σωματίδια της ρητίνης αντί να υπόκεινται σε άμεση ιοντοανταλλαγή και έτσι μετά το σχηματισμό του μονομοριακού στρώματος των οργανικών στην επιφάνεια της ρητίνης η παραπέρα προσρόφηση δεν είναι σημαντική.

3.3 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΑΦΡΩΔΟΥΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.

Airstripping (Απομάκρυνση με τη βοήθεια του αέρα)

Πολλά επιφανειακά ενεργά οργανικά μπορούν να συγκεντρωθούν στον αφρό που παράγεται από τη διαδικασία του airstripping. Σύμφωνα με τους Rubin *et al.* (1963) το airstripping απομακρύνει τα διαλυμένα οργανικά με δυο μηχανισμούς:

...α) Οι διαλυμένες, επιφανειακά ενεργές ενώσεις μπορούν να προσροφηθούν στη μεσόφαση υγρού-αερίου και να συγκεντρωθούν στον αφρό και β) οι διαλυμένες μη επιφανειακά ενεργές ενώσεις μπορούν να δεσμευθούν με επιφανειακούς ενεργούς διαλύτες και ως εκ τούτου να συγκεντρωθούν στον αφρό...

Αυτοί οι ερευνητές βρήκαν ότι το airstripping απομάκρυνε μέχρι και 40% του COD από λύματα στα οποία η συγκέντρωση εισόδου μετρήθηκε στα 118 ppm. Η αποτελεσματικότητα του airstripping εξαρτάται από τον χρόνο επαφής μεταξύ αέρα και νερού. Ο χρόνος επαφής, από την άλλη μεριά, εξαρτάται από τον ρυθμό ροής του νερού μέσα και έξω από τη στήλη, το ύψος της στήλης και τον όγκο του εισερχόμενου αέρα. Ο χρόνος επαφής αυξάνεται καθώς μειώνεται ο ρυθμός εισροής του νερού μέσα στη στήλη και επίσης καθώς αυξάνεται το μήκος της στήλης. Η απλούστερη συσκευή

airstripping αποτελείται από ένα κάθετο σωλήνα ενισχυμένο από ένα αεραγωγό. Εφόσον ο αέρας ανεβαίνει, μεγαλύτερος χρόνος επαφής με το νερό επιτυγχάνεται σε μακριές στήλες.

Σε συσκευές airstripping ο όγκος του εισερχόμενου αέρα είναι ίδιος με αυτόν που θα χρησιμοποιείτο κανονικά σε μια αντλία υποπίεσης αέρα (airlift) ίδιων διαστάσεων (Πιν. 1). Η επί της εκατό βύθιση, σαν ένας παράγοντας αποτελεσματικότητας, είναι επίσης ο ίδιος όπως και στις αντλίες υποπίεσης και το νερό πρέπει να αναδύεται από τη συσκευή airstripping δημιουργώντας ένα απαλό ρεύμα. Ο χρόνος επαφής γίνεται αν ο όγκος του εισερχόμενου αέρα υπερβαίνει τη χωρητικότητα του σωλήνα.

Ο Kuhn (1956) πέτυχε την απομάκρυνση της αμμωνίας από λύματα με airstripping. Οι συνθήκες του ήταν: ύψος κολόνας = 7 πόδια, διάμετρος κολόνας = 8 ίντσες, όγκος αέρα = 52-55 κυβικά πόδια/λεπτό και ρυθμός ροής = 0.1 γαλ./λεπτό. Η συσκευή απομακρύνει 92.3% της αμμωνίας από το νερό. Οι Cuip & Slechta (1966) μπόρεσαν να απομακρύνουν 98% από εργαστηριακό νερό και από μια βιοτεχνία-πιλότο (μικρής κλίμακας) χρησιμοποιώντας airstripping. Είναι σημαντικό ότι σε μελέτες του Kuhn το pH του νερού ήταν 11. Σε αυτά τα επίπεδα η αμμωνία εμφανίζεται στη μη ιονισμένη (τοξική) μορφή (βλ. Ενοτ. 7.2).

Υπάρχουν αποδείξεις ότι το airstripping μπορεί να αυξάνει το pH του νερού. Σε λύματα που ελέγχθηκαν από τους Rubin *et al.* (1963), η μέση τιμή του pH πριν το airstripping ήταν 7.3. Μετά το airstripping, η μέση τιμή αυξήθηκε στο 7.8 ενώ αυτή του αφρού, στο θάλαμο συλλογής, μειώθηκε στο 7.1. Ο Rubin και οι συνάδελφοί του απέδωσαν την αύξηση του pH στην απομάκρυνση ελαφρά όξινων ουσιών από το διάλυμα. Το airstripping είναι μια υποσχόμενη τεχνική για τη διατήρηση του pH σε νερά καλλιέργειας.

Διάφορες συσκευές airstripping είναι διαθέσιμες για τη χρησιμοποίηση τους σε μικρά συστήματα καλλιέργειας. Ο Sander (1967) περιέγραψε τρεις τύπους για χρήση μικρής κλίμακας. Δυο από τα τρία σχέδια - ανοδικού ρεύματος και καθοδικού ρεύματος - είναι εύκολο να προσαρμοστούν σε πολύ μεγαλύτερα συστήματα. Ο Sander αναφέρεται σ' αυτές σαν "ομογενοποιητές πρωτεϊνών", ένας όρος που επινοήθηκε για να περιγράψει τη δυνατότητά τους να απομακρύνουν οργανικές ουσίες από το διάλυμα.

Μια συσκευή που χρησιμοποιεί τη μέθοδο του ανοδικού ρεύματος φαίνεται στην Εικ. 22. Αέρας από τον συμπιεστή διοχετεύεται μέσω ενός διαχυτή (2). Όπως ο αέρας ανέρχεται στη στήλη (1) αναμιγνύεται με το νερό. Ο αέρας από τον συμπιεστή εισέρχεται μέσω ενός διαχυτή στο νερό. Το οξυγόνο στον αέρα οξειδώνει, τότε, και συσσωματώνει μέρος της διαλυμένης οργανικής ύλης... Ο θάλαμος διαχωρισμού περιλαμβάνει ένα ξηρό (που δεν καλύπτεται από νερό) τμήμα στο πάνω μέρος της συσκευής (3).

Το συσσωματωμένο υλικό εμφανίζεται σαν μια επιπλέουσα ακαθαρσία μέσα στο θάλαμο διαχωρισμού. Όταν έχει μαζευτεί μια αρκετή ποσότητα προωθείται μέσω ενός σωλήνα στο θάλαμο συλλογής (5). Αυτό το δοχείο απομακρύνεται και καθαρίζεται, περιοδικά. Η περίσσεια του νερού επιστρέφει στο σύστημα, από το θάλαμο συλλογής, μέσω ενός στομίου εκροής (4).

Στον τύπο αντίστροφου ρεύματος, το νερό κινείται στην αντίστροφη κατεύθυνση από τον αέρα. Μέρος του αέρα κινείται προς τα κάτω αντί να βγαίνει όλο προς τα πάνω, όπως γίνεται στον τύπο ανοδικού ρεύματος. Αυτό αυξάνει το χρόνο επαφής μεταξύ νερού και αέρα και έτσι αυξάνει την αποτελεσματικότητα. Δύο τέτοια συστήματα δείχνονται στην Εικ. 23a και 23b. Στην Εικ. 23a ο αέρας κινείται από τον συμπιεστή, μέσω του διαχυτή (4), μέσα στον σωλήνα επαφής (2). Το νερό από το σύστημα καλλιέργειας μπαίνει στο σωλήνα επαφής κοντά στην επιφάνεια (3). Σ' αυτό το σχέδιο, το πάνω μέρος του σωλήνα λειτουργεί σαν θάλαμος διαχωρισμού. Το οξειδωμένο υλικό περνά μέσα σε ένα δεύτερο θάλαμο συλλογής (1) ο οποίος μπορεί να απομακρυνθεί και να καθαριστεί. Η περίσσεια του νερού απομακρύνεται από κάτω από την επιφάνεια αντί από πάνω, όπως συνέβαινε στο σύστημα ανοδικού ρεύματος. Το νερό περνά μέσω ενός συνδετικού σωλήνα (6) κοντά στον πυθμένα του σωλήνα επαφής, ανεβαίνει με τη βοήθεια του αέρα και επανέρχεται στο σύστημα (5). Το νερό που μπαίνει στο σωλήνα επαφής κινείται προς τα κάτω ενάντια στο ρεύμα του αέρα και έτσι ο χρόνος επαφής αυξάνεται.

Στην Εικ. 23b ο μηχανισμός είναι ουσιαστικά ο ίδιος εκτός του ότι ο σωλήνας επαφής (2) είναι προσαρμοσμένος σε ένα μεγαλύτερο εξωτερικά σωλήνα (3) σχηματίζοντας μια θήκη. Το πλεονέκτημα είναι ότι το νερό στο σωλήνα επαφής δεν μπορεί να οδηγηθεί πίσω από τον εισερχόμενο αέρα, όπως μπορεί να γίνει στο προηγούμενο σύστημα της Εικ. 23a. Αυτό κάνει την Εικ. 23b ελαφρά πιο αποτελεσματική από την Εικ. 23a.

Οποιοδήποτε σύστημα airstripping είναι αποτελεσματικό αν ο αέρας που μπαίνει στην κολώνα διαχέεται στο σημείο εισαγωγής. Ο διακεόμενος αέρας παράγει μικρότερες και πολυπληθέστερες φουσαλίδες. Καθώς η ολική επιφάνεια των φουσαλίδων αυξάνεται, αυξάνεται και το ηλεκτροστατικό δυναμικό μεταξύ των φουσαλίδων και των φορτισμένων οργανικών ενώσεων. Σε μικρές συσκευές, όπως αυτές που περιγραφηκαν, οι πέτρες αέρα είναι ικανοποιητικοί διαχυτές. Σε μεγαλύτερες στήλες, όπως αυτές που χρησιμοποιήθηκαν από τον Kuhn (1956), το εσωτερικό του σωλήνα επαφής μπορεί να είναι εφοδιασμένο με ένα δακτύλιο Rashchig. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, ένας διάτρητος δίσκος PVC μπορεί να εισαχθεί μέσα στο σωλήνα επαφής στο σημείο εισαγωγής του αέρα. Και οι δύο τύποι λειτουργούν αποτελεσματικά αλλά οι δακτύλιοι είναι πιο αποτελεσματικοί.

Το airstripping δεν απομακρύνει σωματιδιακά οργανικά υλικά. Η συσκευή πρέπει να είναι συνδεδεμένη με ένα μηχανικό φίλτρο σε σειρά. Στα περισσότερα συστήματα αυτό σημαίνει τη στήλη του φίλτρου εφόσον τα καλίκια λειτουργούν και σαν βιολογικό και σαν μηχανικό φίλτρο. Το airstripping είναι προφανώς περισσότερο αποτελεσματικό στην απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών από τις ρητίνες ιοντοανταλλαγής αλλά λιγότερο αποτελεσματικό από τον ενεργό άνθρακα. Όπως ο ενεργός άνθρακας το airstripping μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σε συστήματα καλλιέργειας γλυκών νερών ή σε θαλάσσια συστήματα, παρόλο που φαίνεται να είναι περισσότερο αποτελεσματικό στα τελευταία.

3.4 ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ

Οζον

Η χρήση του τριατομικού οξυγόνου (O_3), ή αλλιώς όζοντος, ελαττώνει τον αριθμό των μικροοργανισμών και μειώνει τα επίπεδα των διαλυμένων οργανισμών στο ανακυκλούμενο νερό καλλιέργειας. Τα επίπεδα του όζοντος που απαιτούνται για να οξειδώσουν το διαλυτό COD στο νερό καλλιέργειας δεν είναι γνωστά. Το όζον καταστρέφει τους μικροοργανισμούς λειτουργώντας σαν πρωτοπλασματικό οξειδωτικό (Fetner & Ingols, 1959) και οι ποσότητες που είναι απαραίτητες για επιτευχθεί στείριότητα στα απόβλητα νερά είναι αρκετά γνωστές. Για παράδειγμα, οι Dickerman *et al.* (1954) βρήκαν ότι 1.5 ppm όζοντος ελαττώνει τα διαλυμένα βακτήρια από 70.000/ml σε 0/ml μέσα σε 5 λεπτά.

Ένα σύστημα παραγωγής όζοντος και ένα σύστημα airstripping μπορούν να χρησιμοποιηθούν μαζί. Όταν το όζον αντικαταστήσει τον αέρα σε ένα σύστημα airstripping το δυναμικό οξείδωσης αυξάνεται και η συσκευή γίνεται πολύ πιο αποτελεσματική. Όταν το οξυγόνο υποκαθιστά τον αέρα στην είσοδο μιας γεννήτριας όζοντος, η ποσότητα του όζοντος που παράγεται είναι διπλάσια. Ωστόσο, το εμφιαλωμένο οξυγόνο είναι ακριβό για να χρησιμοποιείται σε μια μακροχρόνια βάση.

Το όζον είναι περισσότερο αποτελεσματικό από τον αέρα στην οξείδωση των διαλυμένων οργανικών. Επίσης είναι μάλλον πιο αποτελεσματικό στην απομάκρυνση της αμμωνίας. Ο Lebout (1959) δηλώνει ότι η επεξεργασία του νερού με όζον "... ελαττώνει αποτελεσματικά όχι μόνο το ποσοστό της ελεύθερης αμμωνίας στο νερό αλλά και το ποσοστό της αλβουμινικής αμμωνίας...".

Οζονοποιητές για χρήση σε μικρά συστήματα, είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο σε μια λογική τιμή αλλά μεγάλης κλίμακας οζονοποιητές αντιπροσωπεύουν ένα αξιοσημείωτο οικονομικό κεφάλαιό. Η παραγωγή όζοντος είναι σχετικά ανέξοδη, ωστόσο ακόμη και τα συστήματα μεγαλύτερης παραγωγής μπορούν να λειτουργήσουν με ένα ονομαστικό κόστος 8 δολαρίων ανά εκατομμύριο γαλονιών.

Το όζον αντιδρά με μη ακόρεστες οργανικές ενώσεις στους διπλούς δεσμούς άνθρακα προς σχηματισμό οζονιδίων. Τα οζονίδια σχηματίζονται με την προσθήκη και των τριών οξυγόνων στους διπλούς ή τριπλούς δεσμούς. Όταν αυτοί οι δεσμοί σπάσουν σχηματίζονται αλδεύδες, κετόνες και οξέα. Το όζον προφανώς αντιδρά πιο σταθερά με διπλούς δεσμούς άνθρακα από ότι με διπλούς δεσμούς άνθρακα-αζώτου αλλά δεν είναι αποτελεσματικό στην οξειδωση κορεσμένων ενώσεων (Smith & Cristol, 1966). Λειτουργικές ομάδες που οξειδώνονται από το όζον είναι -SH, +S, -NH₂, -OH και -CHO.

Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του όζοντος. Οι δύο πιο κρίσιμοι είναι η θερμοκρασία και το pH. Το όζον γίνεται πιο ασταθές όταν ένας από το δύο παράγοντες αυξάνεται. Όπως και στις δύο άλλες μορφές χημικού καθαρισμού, ο χρόνος επαφής είναι σημαντικός. Το όζον είναι ασταθές στο νερό και ο χρόνος επαφής είναι πιο κρίσιμος από την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου όζοντος. Οι αρχές της οζονοποίησης είναι παρόμοιες με αυτές του airstripping. Στους περισσότερους οζονοποιητές, μη επεξεργασμένο νερό μπαίνει στη στήλη, όπου απομονώνεται και περιορίζεται σε ένα μικρό χώρο. Το όζον εισέρχεται μέσα στην κολώνα και αναμιγνύεται με το νερό. Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, το μίγμα νερού-όζοντος ανεβαίνει στην κολώνα όπως ανεβαίνει στη συσκευή airstripping. Ο χρόνος επαφής είναι για αυτό το λόγο μια συνάρτηση του ύψους της κολώνας και η αποτελεσματικότητα αυξάνεται με το μήκος της κολώνας. Για λόγους ασφαλείας, το όζον πρέπει πάντα να εισέρχεται μέσα σε μια κολώνα όπου μπορεί να διασκορπίζεται απουσία των ζώων. Δεν πρέπει ποτέ να μπαίνουν φυσαλλίδες του όζοντος στο σύστημα καλλιέργειας.

Το όζον έχει χρησιμοποιηθεί σε λύματα για την απομάκρυνση μαγγανίου από το διάλυμα (Bean, 1959). Παρατεταμένη οζονοποίηση θαλάσσιων συστημάτων μπορεί να εξαλείψει αυτό το στοιχείο και ίσως και άλλα. Μερικές αλλαγές νερού (10%) κάθε δύο εβδομάδες πρέπει να γίνονται σε συστήματα που έχει χρησιμοποιηθεί όζον, ειδικά σε θαλάσσια συστήματα, ώστε να αποφευχθεί πιθανή εξάλειψη των ικνοστοιχείων.

Υπεριώδης Ακτινοβολία

Η χρήση των λαμπτήρων υπεριώδους ακτινοβολίας ελλοτώνει τον αριθμό των μικροοργανισμών σε ανακυκλούμενα συστήματα καλλιέργειας κατά ένα παρόμοιο τρόπο με αυτόν που δρά το όζον. Δεν έχουν γίνει μελέτες που να συγκρίνουν τις δύο

μεθόδους. Ωστόσο, οι Benoit και Martin (1966) σημείωσαν ότι όταν οι υπεριώδεις λάμπες είναι κρεμασμένες απευθείας πάνω από το νερό, μέρος της οξειδωτικής ενέργειας που παράγεται από την υπεριώδη ακτινοβολία είναι αποτέλεσμα της παραγωγής όζοντος στη μεσόφαση νερού-αέρα.

Οι Herald *et al.* (1962) βρήκαν ότι τα αιωρούμενα βακτήρια στο θαλάσσιο νερό, στο ενυδρίο Steinhard ελαττώθηκαν μέχρι 99% μετά από το πέρασμα του νερού από αποστειρωτές υπεριώδους ακτινοβολίας με ένα ρυθμό 8 grm. Παρόμοια αποτελέσματα επιτεύχθηκαν από τον Shelbourn (1964) σε θαλάσσια συστήματα καλλιέργειας. Οι Herald *et al.* (1962) υπέθεσαν ότι σε μερικά είδη θαλάσσιων βακτηρίων τα αποτελέσματα της υπεριώδους ακτινοβολίας ήταν περισσότερο βακτηριοστατικά παρά θανατηφόρα για αυτά, εφόσον παρατεταμένη καλλιέργεια των δισκίων ελέγχου (δισκία Petri) έδειξε ότι αναπτύχθηκαν μη αναγνωρίσιμοι οργανισμοί μετά από μια εβδομάδα. Τα ίδια δισκία είχαν εμφανιστεί στείρα μετά από 48 ώρες.

Οι Burrows & Combs (1968) ανέφεραν φανερή μείωση των περιστατικών ασθενειών σε καλλιέργειες σολομού μετά από ακτινοβολία του νερού με υπεριώδη ακτινοβολία. Η διαδικασία κατέστρεψε τους μικρότερους από 15 μm οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων, πρωτοζώων και ιών.

Η υπεριώδης ακτινοβολία, όπως και οι άλλες μορφές χημικού καθαρισμού γίνεται πιο αποτελεσματική όσο αυξάνεται ο χρόνος επαφής. Η θολότητα του εισερχόμενου νερού καθορίζει επίσης την αποτελεσματικότητα της αποστείρωσης με τη χρήση UV. Σε πειράματα που έγιναν από τους Burrows και Combs (1968) το προφιλτράρισμα ποταμίστου νερού, με πέρασμα από φίλτρα άμμου, διπλασίασε την αποτελεσματικότητα του συστήματος υπεριώδους ακτινοβολίας, το οποίο αποτελείται από: μια μονάδα UV 18 Watt διαιρούμενη σε τρεις σειρές των εξι λαμπτήρων, των 40 Watt ο καθένας, με μια δυναμικότητα 42 γαλονιών ανα λεπτό ανά σειρά.

3.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ.

Οι συσκευές βιολογικού καθαρισμού είναι απαραίτητες για κάθε σύστημα καλλιέργειας. Επίσης ένα στρώμα χαλικιών φιλτράρει αποτελεσματικά το νερό και αυτό είναι αρκετές φορές αποτελεσματικό στο να κρατήσει σε χαμηλά επίπεδα τη θολότητα του νερού. Φίλτρα γης διατόμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σειρά, μετά από φίλτρα χαλικιών, ώστε να απομακρύνουν σωματίδια μικρότερα από 30 μm. Αν θεωρήσουμε ότι ο βιολογικός καθαρισμός αντιπροσωπεύει το πρωτογενές φίλτρο και τα φίλτρα γης διατόμων αντιπροσωπεύουν τα δευτερογενή φίλτρα, τότε, ο επιπρόσθετος καθαρισμός πραγματοποιείται με μια τριτογενή σειρά συσκευών. Αυτή αποτελείται από τις συσκευές χημικού καθαρισμού.

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα η προσρόφηση του ενεργού άνθρακα είναι η πιο αξιόπιστη και αποτελεσματική μέθοδος ελάττωσης των διαλυμένων οργανικών σε νερό καλλιέργειας. Οι ρητίνες ιοντοανταλλαγής τίθενται υπο αμφισβήτηση ακόμη και στα συστήματα γλυκών νερών. Η προσρόφηση, σαν διαδικασία, είναι πιο αξιόπιστη από την κλασματοποίηση ή την οξείδωση επειδή δεν περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες των ουσιών που είναι προς απομάκρυνση. Όπως οι Morris και Weber (1964) σημείωσαν, η κλασματοποίηση αφρού με airstripping απαιτεί να είναι επιφανειακά ενεργές οι ουσίες που απομακρύνονται. Οι οξειδωτικές διαδικασίες περιορίζονται λόγω του ότι πολλές ενώσεις δεν είναι εύκολα οξειδώσιμες. Για παράδειγμα, το όζον είναι ανίκανο να οξειδώσει κορεσμένες ενώσεις.

Τα συστήματα κλασματοποίησης ή οξείδωσης πρέπει να ακολουθούν τα μηχανικά φίλτρα, σε σειρά, και να προηγούνται των στηλών του άνθρακα. Η πρόωρη απομάκρυνση των επιφανειακά ενεργών ενώσεων παρατείνει το χρόνο ζωής και ελαττώνει το κόστος αντικατάστασης. Ένα διάγραμμα μεθόδων απομάκρυνσης οργανικών δίνεται στην Εικ. 24.

Μια συσκευή αποστείρωσης, οποιουδήποτε τύπου, είναι απαραίτητη στα υπερφορτωμένα συστήματα για να μειθούν οι πιθανότητες επιζωωτικών ασθενειών. Μέχρι τώρα, πολύ λίγα είναι γνωστά σχετικά με τα αποτελέσματα του όζοντος και της υπεριώδους ακτινοβολίας ώστε να μπορούμε να συνιστήσουμε κάποιο από αυτά.

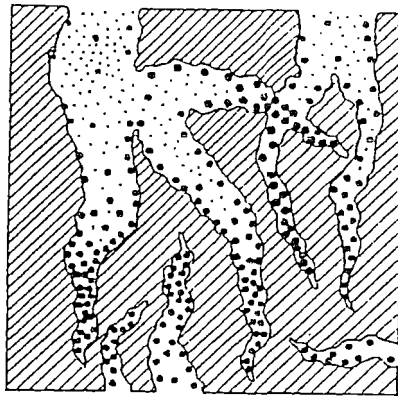


Figure 14. Diagrammatic cross section (magnified) of an activated carbon granule showing adsorbed molecules in the pores.

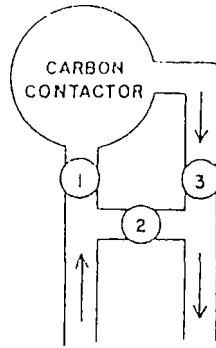


Figure 15. By-pass design for a carbon contactor. For normal filtration valves 1 and 3 are opened and 2 is closed. To recycle through the biological filter, valve 2 is opened and 1 and 3 are closed.

Table 2. Removal of Contaminants from Waste Water with Activated Carbon

Contaminant	Influent		Effluent
Suspended solids	10.0	mg/liter	<1.0
COD	47.0	mg/liter	9.5
Dissolved COD	31.0	mg/liter	7.0
Total organic carbon (TOC)	13.0	mg/liter	2.5
Nitrate, as N	6.7	mg/liter	3.7
Turbidity	10.3	JTU	1.6
Color	30.0		3.0
Odor	12.0		1.0

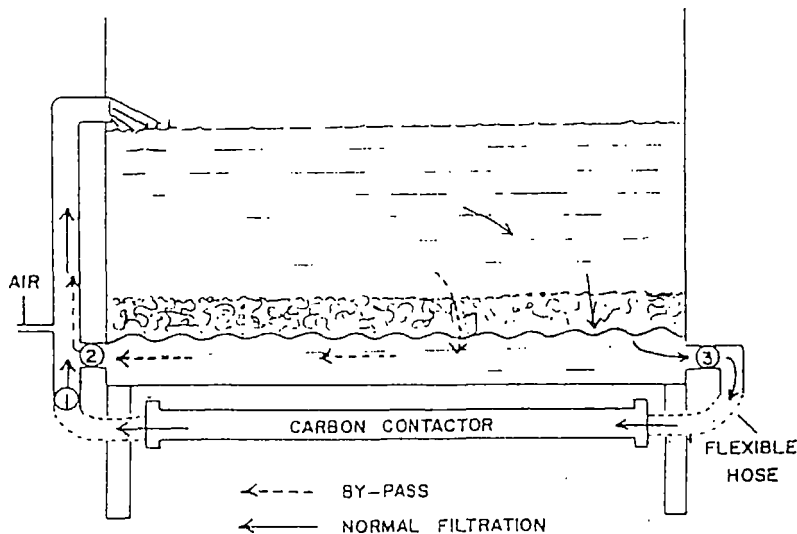


Figure 16. Culture system holding less than 1000 gal showing tank stand, carbon contactor, and by-pass valves. Valve arrangement is the same as in Fig. 15.

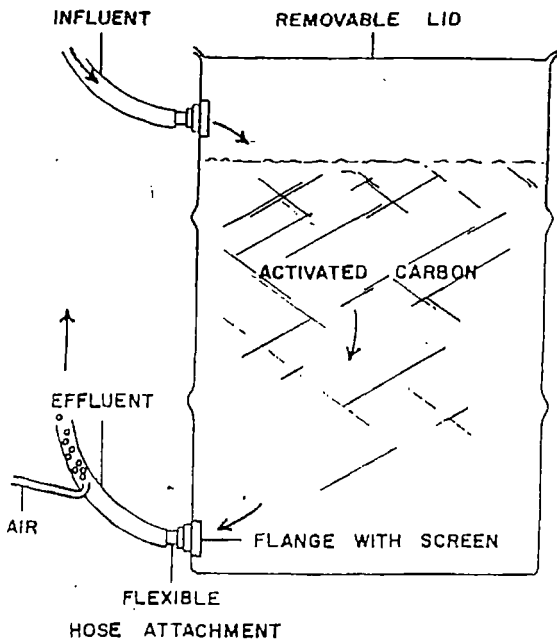


Figure 17. Steel drum contactor for systems 1000-10,000 gal.

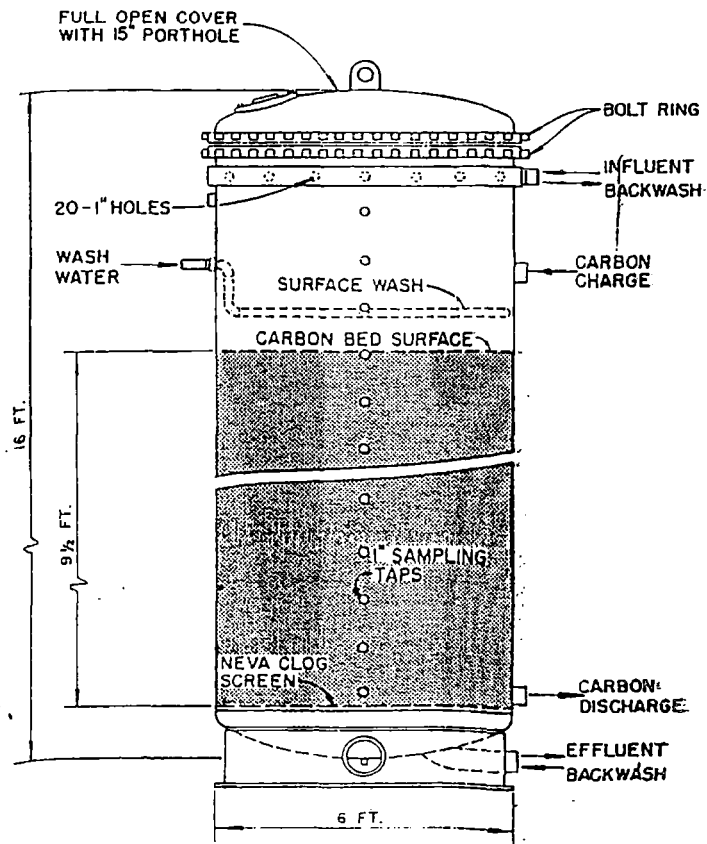


Figure 18. Pressure contactor for systems 100,000 gal or more.

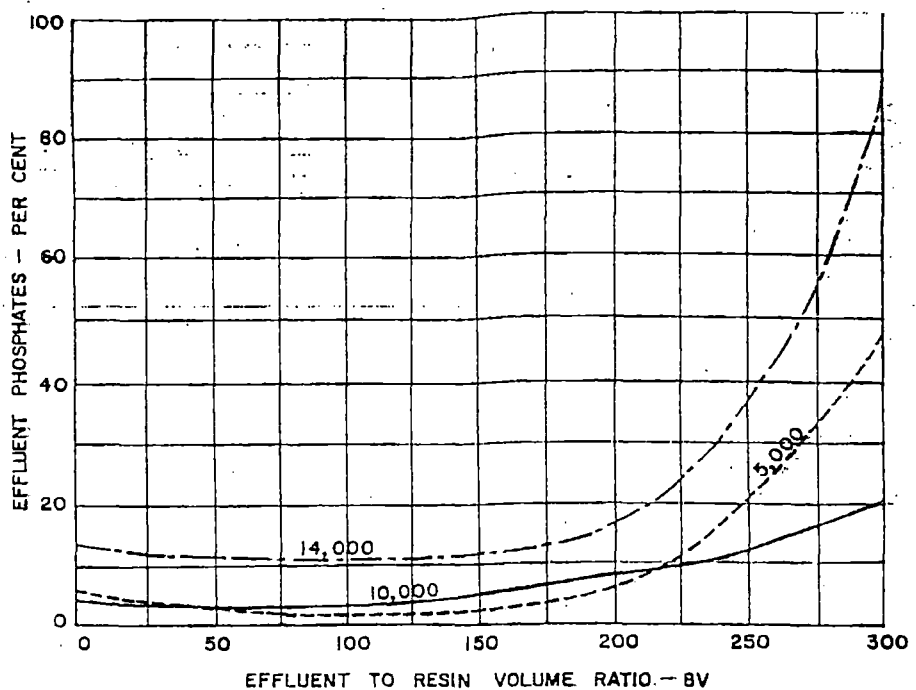


Figure 19. Average removal of phosphates from waste water by ion exchange. The upward shift of the curve indicates decreased efficiency in phosphate removal. The shift to the left indicates reduced adsorptive capacity of the resin due to organic fouling. Numbers on the curves represent continuous flow in bed volumes (BV).

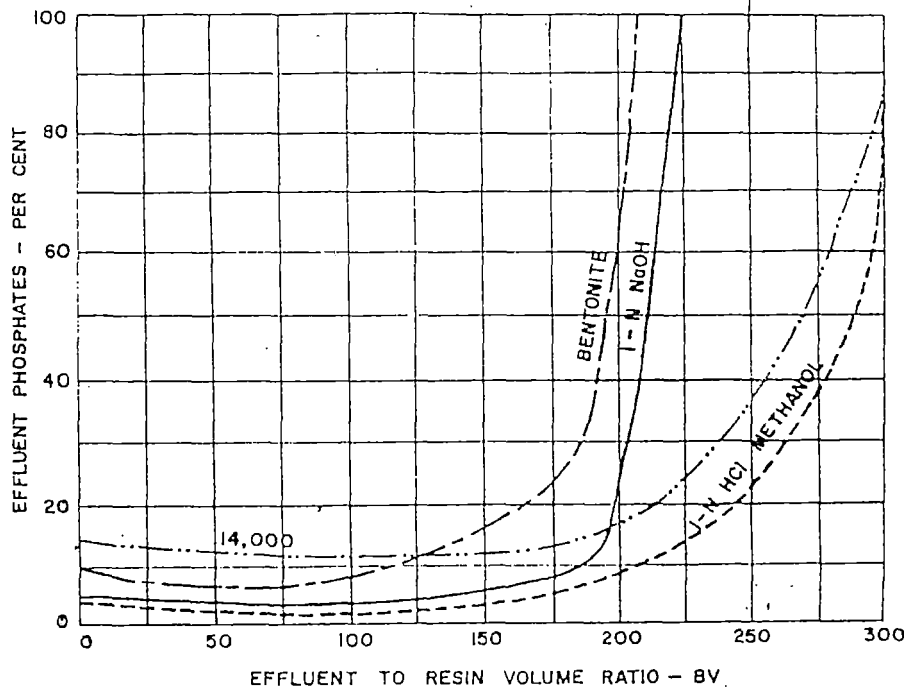


Figure 20. Regeneration of ion exchange resins by various methods. Numbers on the curves represent continuous flow in bed volumes (BV).

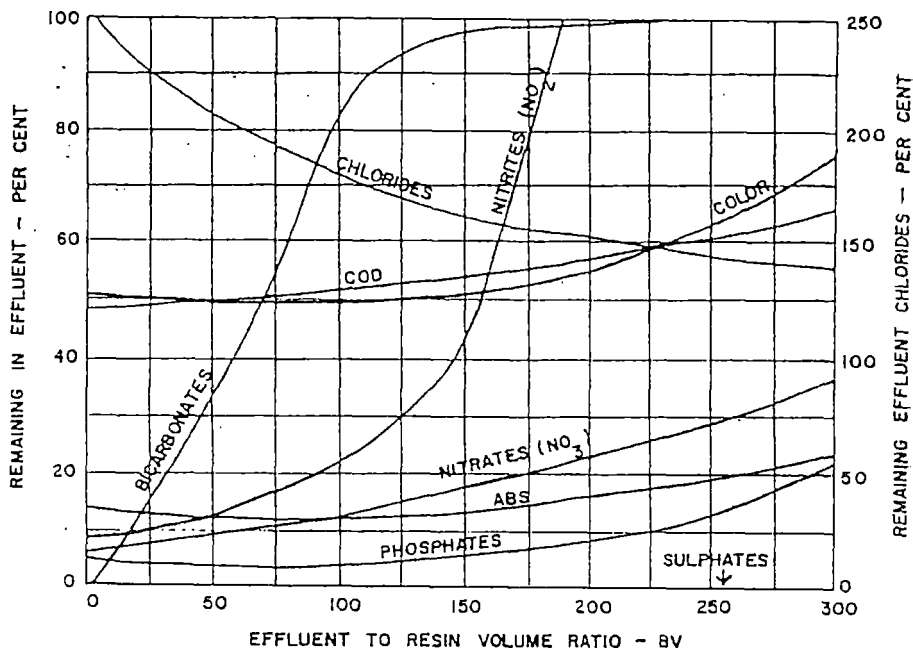


Figure 21. Average values for removal of different substances from waste water by ion exchange with a continuous flow of between 5000 and 10,000 bed volumes (BV).

Table 3. PH Changes in Waste Water after Airstripping

	Range	Mean
Filtered sewage effluent	7.1-7.4	7.3
Water after airstripping	7.6-8.0	7.8
Foam	6.9-7.3	7.1

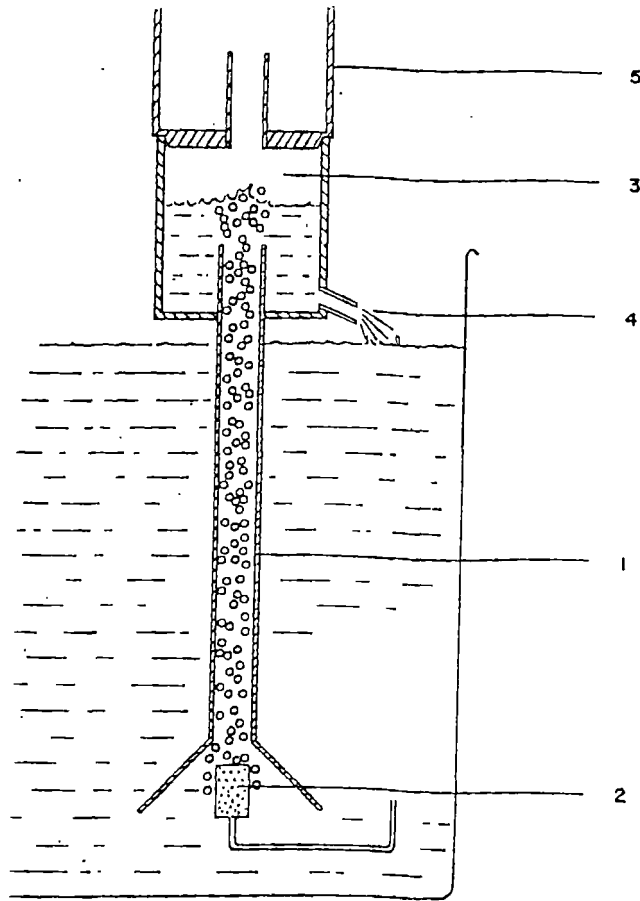


Figure 22. Direct-current airstripping device. Numbers are explained in the text.

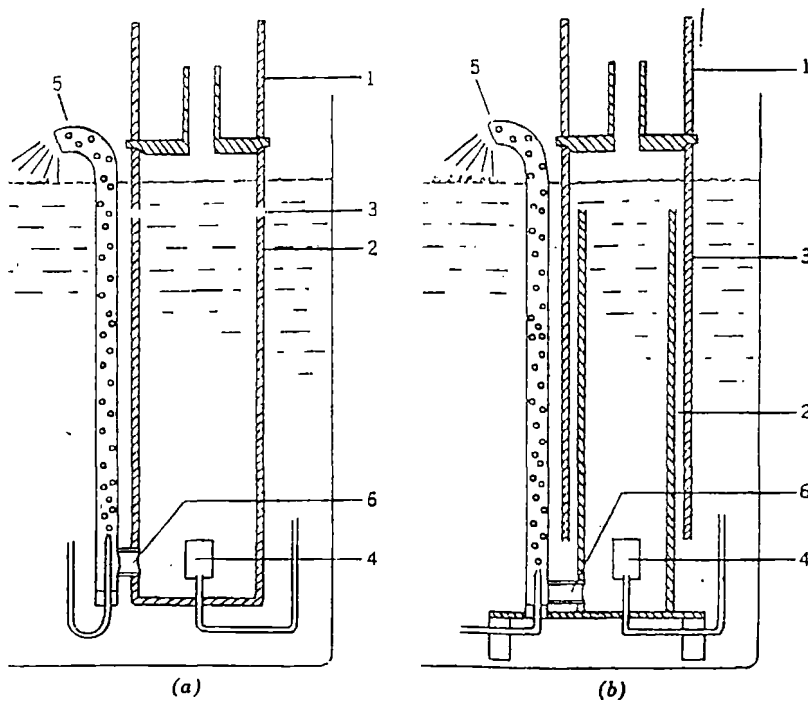


Figure 23. Two counter-current airstripping devices. Numbers are explained in the text.

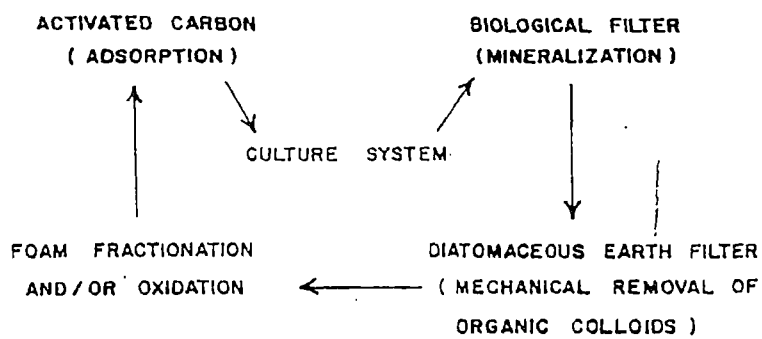


Figure 24. Idealized water processing arrangement incorporating biological, mechanical, and chemical filtration for the removal of organics.

ΚΕΦ. 4.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

4.1 ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΟΡΩΝ

Η χημική αλληλεπίδραση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα, του νερού και των ανθρακικών αλάτων αποτελεί το σύστημα του διοξειδίου του άνθρακα. Η ακόλουθη ενότητα περιγράφει τους όρους που χρησιμοποιούνται στην περιγραφή αυτών των λειτουργιών.

Ρυθμιστικές Ουσίες (Buffers)

Σαν ρυθμιστική ουσία ορίζεται οποιαδήποτε ουσία που αναστέλλει την αλλαγή της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου σε ένα διάλυμα. Σε ένα σύστημα υδρόβιας καλλιέργειας, αυτές οι ουσίες λειτουργούν σαν συντηρητές της βασικότητας (αλκαλικότητας) του διαλύματος, όταν προσθέτονται σ' αυτό όξινες ουσίες. Οι κύριες ρυθμιστικές ενώσεις του νερού είναι τα ανθρακικά άλατα CaCO_3 και MgCO_3 .

Αλκαλικότητα (Βασικότητα)

Σαν αλκαλικότητα χαρακτηρίζεται το άθροισμα των αρνητικών ιόντων που αντιδρούν για την εξουδετέρωση των ιόντων υδρογόνου όταν κάποιο οξύ προστίθεται στο νερό. Τα πιο σημαντικά αρνητικά ιόντα στο σύστημα διοξειδίου του άνθρακα είναι τα ανθρακικά και τα δισανθρακικά. Η αλκαλικότητα εκφράζεται σε mg/L του ισοδύναμου ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3).

Σκληρότητα

Η σκληρότητα είναι μια έκφραση της ολικής συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου στο γλυκό νερό και εκφράζεται σαν mg ανθρακικού ασβεστίου/L. Η

σκληρότητα είναι μια μέτρηση των κατιόντων. Το ασβέστιο και το μαγνήσιο είναι τα δύο κυρίαρχα κατιόντα που επηρεάζουν τη σκληρότητα στο γλυκό νερό. Η επίρρεια των άλλων κατιόντων είναι αμελητέα. Το νάτριο και το κάλιο δεν θεωρούνται παράγοντες σκληρότητας, εξαιτίας της υψηλής διαλυτότητάς τους. Αλλά, όπως ο σίδηρος, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος βρίσκονται συνήθως σαν ιχνοστοιχεία. Το γλυκό νερό, που περιέχει μικρή συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου χαρακτηρίζεται σαν μαλακό νερό.

pH

Το pH είναι μια μέτρηση της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου. Καθορίζεται σαν ο λογάριθμος $1/aH^+$. Για τους σκοπούς μας νερό με pH μικρότερο του 7, σε θερμοκρασία 25 °C είναι όξινο. Μεγαλύτερο από αυτό είναι βασικό ενώ pH ίσο με 7 είναι ουδέτερο. Όταν το προϊόν μιας αντίδρασης είναι ιόντα υδρογόνου, το διάλυμα είναι όξινο και επέρχεται μείωση του pH. Όταν η αντίδραση παράγει ιόντα υδροξυλίου τότε το pH αυξάνεται.

Ανθρακικά και Δισανθρακικά ιόντα

Τα ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα είναι οι πρωταρχικές ρυθμιστικές ενώσεις στο νερό. Εξουδετερώνουν οποιαδήποτε προσθήκη ή αφαίρεση διοξειδίου του άνθρακα και διατηρούν το pH, ρυθμίζοντας τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου. Τα δισανθρακικά ιόντα είναι τα κυρίαρχα συστατικά του συστήματος διοξειδίου του άνθρακα μέσα στα φυσιολογικά όρια του pH των περισσότερων νερών. Αυτό φαίνεται στους Πιν. 4 και 5.

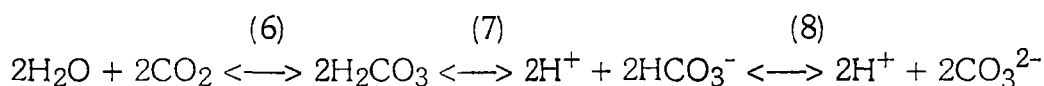
4.2 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΣΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ.

Τα ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα προέρχονται από τρεις πηγές: 1) την αντίδραση του διοξειδίου του άνθρακα με το νερό, 2) την αντίδραση των ανθρακικών αλάτων με ελεύθερο διοξείδιο και νερό και 3) από διαδικασίες βακτηριακής αναγωγής.

Αντίδραση του Ελεύθερου Διοξειδίου του Ανθρακα με το Νερό.

Το ελεύθερο διοξείδιο είναι πολύ διαλυτό στο νερό. Μπαίνει στα συστήματα καλλιέργειας, από την ατμόσφαιρα στη μεσόφαση αέρα-νερού και επίσης εμφανίζεται διαλυμένο σαν παραπροϊόν του μεταβολισμού.

Το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με το νερό ώστε να παραχθεί ανθρακικό οξύ (6). Το ανθρακικό οξύ διασπάται για να ελευθερώσει ιόντα υδρογόνου και δισανθρακικά ιόντα (7). Τα δισανθρακικά ιόντα μπορούν να διασπαστούν περισσότερο, για να δώσουν ανθρακικά ιόντα και ιόντα υδρογόνου (8). Αυτή η σύνθετη αντίδραση είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στο pH και μετατοπίζεται προς τα δεξιά καθώς το pH αυξάνεται.

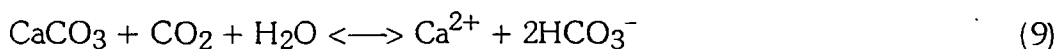


Σε σκληρά γλυκά νερά και στο θαλασσινό νερό, όπου και στα δύο υπάρχουν πολύ καλά ρυθμιστικά συστήματα, είναι κυρίαρχη η ισορροπία ανθρακικού οξέος-δισανθρακικών. Αυτό φαίνεται καθαρά από την υπεροχή των δισανθρακικών ιόντων στην περιοχή pH 7.5-8.3, όπως φαίνεται στους πίνακες 4 και 5.

Αντίδραση των Ανθρακικών Αλάτων με Ελεύθερο Διοξείδιο και Νερό.

Η δεύτερη και πιο σπουδαία πηγή των ανθρακικών και δισανθρακικών είναι η αντίδραση των ανθρακικών αλάτων με νερό και ελεύθερο CO₂. Στα σκληρά γλυκά νερά και στο θαλασσινό νερό, το μεγαλύτερο μέρος από τα ανθρακικά υλικά, που επηρεάζει το pH, είναι δεσμευμένο σαν ανθρακικό ασβέστιο και μαγνήσιο. Αυτά τα ανθρακικά άλατα δρουν σαν αποθέματα δισανθρακικών ιόντων, έτοιμων να διασπαστούν και να εξουδετερώσουν οποιαδήποτε αύξηση των ιόντων υδρογόνου.

Καθώς το νερό στα συστήματα καλλιέργειας γίνεται σταδιακά πιο όξινο, σαν αποτέλεσμα της βιολογικής οξείδωσης, τα ανθρακικά άλατα διαλύονται καθώς αντιδρούν με το ελεύθερο CO₂ και το νερό. Στην περίπτωση του ανθρακικού ασβεστίου, τα προϊόντα της διάσπασης είναι ελεύθερο ασβέστιο και δισανθρακικά ιόντα (9)

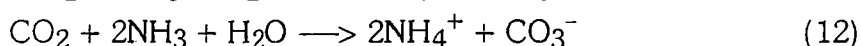
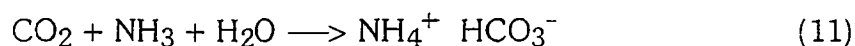


Διαδικασίες Βακτηριακής Αναγωγής

Τα ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζονται σαν αποτέλεσμα των διαδικασιών βακτηριακής αναγωγής - σε συστήματα καλλιέργειας, ειδικά κατά τη διάρκεια της αμμωνιοποίησης και απαμίνωσης από τα ετερότροφα βακτήρια. Αν ο ρυθμός ανακύκλωσης είναι χαμηλός υπάρχει μετατόπιση προς το αλκαλικότερο, στις περιοχές που γίνεται η καθίζηση του τριπτόν, και κατά συνέπεια αύξηση του pH. Αυτό μπορεί να είναι αναμενόμενο στις επιφάνειες των στηλών των φίλτρων, όταν υπάρχει μεγάλη συσσώρευση τριπτόν καθώς και ανεπαρκής ανακύκλωση. Αν η τιμή του pH στην επιφάνεια των στηλών πλησιάζει το 9, μη ιονισμένη αμμωνία παράγεται από ετεροτροφικά βακτήρια, η οποία αντιδρά με ιόντα ασβεστίου και παράγει ένα ίζημα ανθρακικού ασβεστίου και ιονισμένη αμμωνία. Σύμφωνα με τον Berner (1968) η αντίδραση είναι



Το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τη συνδιασμένη αναπνοή των μικροοργανισμών και των ζώων αντιδρά με νερό και μη-ιονισμένη αμμωνία και παράγει ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα, αν το pH του νερού είναι μέσα σε κανονικές τιμές ($\text{pH} < 9$). Οι αντιδράσεις δίνονται από τις εξισώσεις (11) και (12) (Berner, 1968).



4.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΘΡΑΚΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ

Η διαλυτότητα του ανθρακικού ασβεστίου εξαρτάται από το βαθμό κορεσμού του νερού. Αυτό από την άλλη μεριά, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες - pH, την παρουσία μαγνησίου στο διάλυμα ή δεσμευμένου ασβεστίου στο καλίκι, το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα, πολικές οργανικές ουσίες στο διάλυμα που περιβάλλουν τα σωματίδια των ανθρακικών και οργανικά φωσφορικά. Η θερμοκρασία δεν είναι ένας σημαντικός παράγοντας μέσα στα στενά όρια που κυμαίνεται στο νερό καλλιέργειας. Το μέγεθος των κόκκων των ανθρακικών σωματιδίων δεν είναι σημαντικό επειδή πολύ γρήγορα αυτά τα σωματίδια καλύπτονται από διαλυμένα οργανικά.

ρΗ

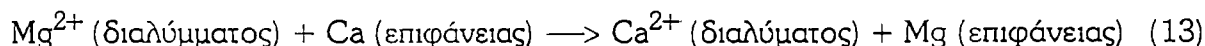
Το ανθρακικό ασβέστιο είναι περισσότερο διαλυτό σε τιμές κάτω του 5, εφόσον αντιδρά με το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα. Η διαλυτότητά του μειώνεται καθώς το ρΗ αυξάνεται. Σε σταθερές τιμές ρΗ το ανθρακικό ασβέστιο είναι σε ισορροπία με το υπόλοιπο σύστημα διοξειδίου του άνθρακα.

Παρουσία Μαγνησίου

Το ανθρακικό ασβέστιο υπάρχει στη φύση σε τρεις μορφές: σαν ασβεστίτης, αραγωνίτης και βατερίτης (Simkiss, 1964a, 1964b· Chave & Suess, 1967). Ο ασβεστίτης είναι η πιο σταθερή μορφή και επίσης η λιγότερο διαλυτή.

Ο Simkiss (1964a), χρησιμοποιώντας τεχνητό θαλασσινό νερό με διαφορετική σύνθεση κάθε φορά, βρήκε ότι ο αραγωνίτης ιζηματοποιείται σε διάλυμα που περιέχει μαγνήσιο. Όταν το μαγνήσιο εξαλειφόταν από το μέσο, τότε τα ιζήματα ήταν ο ασβεστίτης και ο αραγωνίτης, παρουσία άλλων κατιόντων όπως νατρίου, ασβεστίου και καλίου. Η παρουσία μαγνησίου στο θαλασσινό νερό προφανώς αναστέλει τον σχηματισμό των λιγότερο διαλυτών κρυστάλλων ασβεστίτη (Simkiss, 1964a, 1964b· Berner, 1966) και προφανώς σ' αυτό οφείλεται το ότι ο αραγωνίτης είναι το κύριο ίζημα.

Οι ασβεστίτες που περιέχουν ίχνη μαγνησίου είναι πιο διαλυτοί από τον καθαρό ασβεστίτη (Schmaltz & Chave, 1963· Jansen & Kitano, 1963). Οι Chave και Suess (1967) βρήκαν ότι ο ασβεστίτης μαγνησίου ήταν περισσότερο από τέσσερις φορές πιο διαλυτός από τον καθαρό ασβεστίτη, με μια ξεκάθαρη τάση αύξησης της διαλυτότητας καθώς το ποσοστό του μαγνησίου αυξανόταν. Χρησιμοποιώντας φυσικά ιζήματα ανθρακικών, θαλάσσιας προέλευσης, και μετά από επεξεργασία με γνωστές ποσότητες CaCl_2 και MgCl_2 , ο Berner (1966) καθόρισε την απώλεια και το κέρδος των ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}). Παρατήρησε μία γραμμομόριο προς γραμμομόριο αντικατάσταση των κατιόντων, του διαλύματος με αυτά της επιφάνειας του ιζήματος. Σε απλουστευμένη μορφή η αντίδραση είναι:



Ο Berner (1966) επισήμανε ότι μόνο ένα μέρος του ολικού μαγνησίου, που ήταν παρόν στα σωματίδια της επιφάνειας, ήταν ανταλλάξιμο, ανεξάρτητα από την αναλογία ασβεστίου-μαγνησίου στο διάλυμα. Υπήρξαν επίσης ενδείξεις ότι ο ασβεστίτης μαγνησίου αντιδρούσε πιο εύκολα από ότι ο αραγωνίτης και ότι η άμεση ιοντοανταλλαγή γινόταν μόνο στην επιφάνεια του ασβεστίτη που περιείχε μεγάλα ποσά μαγνησίου. Επίσης, εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης του νατρίου στο νερό, 20% περίπου των

διαθέσιμων θέσεων ανταλλαγής απασχολούνται από αυτό το ιόν. Ωστόσο, αυτό δεν θεωρήθηκε ότι ήταν σημαντικό τόσο ώστε να παρεμβαίνει στη φυσική ανταλλαγή ασβεστίου-μαγνησίου.

Κανένα νερό καλλιέργειας, ούτε αυτό ακόμη το θαλασσινό, δεν μπορεί να αντισταθεί για πολύ στις διαδικασίες δημιουργίας οξέων, σε ένα κλειστό σύστημα καλλιέργειας. Τελικά τα ιόντα υδρογόνου που παράγονται υπερβαίνουν τις ποσότητες των ανθρακικών και δισανθρακικών ιόντων και το pH μειώνεται. Για να εμποδιστεί αυτό, μια πηγή ανθρακικών πρέπει να βρίσκεται πάντα σε επαφή με το νερό καλλιέργειας.

Το ίδιο το χαλίκι, που καθαρίζει το νερό βιολογικά και χημικά, λειτουργεί επίσης σαν ρυθμιστική ουσία. *Ασβεστογενές χαλίκι* στις στήλες του φίλτρου αντιπροσωπεύει μια ανεξάρτητη πηγή ρυθμιστικού υλικού καθώς διαλύεται αργά. Στην πραγματικότητα, το χαλίκι αποτελεί το αλκαλικό απόθεμα και η ρυθμιστική δυναμικότητα του συστήματος εξαρτάται άμεσα από τη διαλυτότητα του χαλικιού σαν μια πηγή ανθρακικών και δισανθρακικών ιόντων.

Πολλά υλικά έχουν ασβεστογενείς ουσίες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υλικά φίλτρου. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα οποιουδήποτε υλικού, που χρησιμοποιείται σαν πηγή δισανθρακικών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό του μαγνησίου στη σύνθεσή του. Χαλίκια υψηλά σε περιεκτικότητα σε μαγνήσιο είναι τα καλύτερα ρυθμιστικά συστήματα. Τέσσερα υλικά που χρησιμοποιούνται συχνά σαν φίλτρα είναι τα θρυμματισμένα κελύφη στρειδιών, θρυμματισμένοι κοραλιογενείς βράχοι, ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Τα θρυμματισμένα κελύφη των στρειδιών μπορούν να βρεθούν στα καταστήματα τροφίμων, όπου πωλούνται σαν ζωικά παραπροϊόντα. Οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες διατίθενται από καταστήματα οικοδομικών υλών σε κατάλληλα μεγέθη. Κοραλιογενής "άμμος" δεν είναι εύκολο να βρεθεί αφού στις ΗΠΑ το περισσότερο από αυτό το υλικό προέρχεται από την Νότια Φλόριδα.

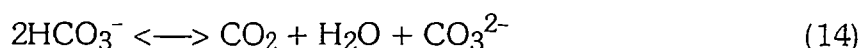
Από τα τέσσερα παραπάνω υλικά, το καλύτερο ρυθμιστικό σύστημα αποτελεί ο δολομίτης. Ο δολομίτης είναι 50% μαγνήσιο, όπως φαίνεται από το χημικό του τύπο $[CaMg(CO_3)_2]$. Ο καθαρός ασβεστίτης είναι το φτωχότερο ρυθμιστικό σύστημα, εφόσον δεν περιέχει ουσιαστικά μαγνήσιο. Κελύφη στρειδιών και κοραλιογενείς βράχοι βρίσκονται στο μέσο της κλίμακας, όσον αφορά στις ρυθμιστικές τους ιδιότητες, και είναι κατάλληλα για συστήματα καλλιέργειας.

Σε θαλάσσια συστήματα, όλη η ποσότητα των χαλικιών πρέπει να είναι ασβεστογενής. Αυτό διασφαλίζει ένα σταθερό pH 7.5 - 8.3. Σε συστήματα γλυκών νερών, στο μέγιστο της φέρουσας δυναμικότητάς τους, πυριτογενή χαλίκια δεν είναι ικανά στο να κρατήσουν το pH πάνω από 7. Τα πυριτογενή χαλίκια δεν έχουν ρυθμιστική λειτουργία. Σε συστήματα γλυκού νερού, όπου το νερό είναι σχετικά σκληρό, ένα μίγμα αποτελούμενο από 25% ασβεστογενούς και 75% πυριτογενούς

καλκίου είναι, συχνά, ικανό να διατηρήσει το pH πάνω από ουδέτερο. Στα μαλακά νερά, μπορεί να χρειάζεται ένα μεγαλύτερο ποσό ασβεστογενούς υλικού. Ωστόσο, είναι κοινή πρακτική να χρησιμοποιείται το ίδιο μέγεθος καλκίου (2-5 mm) όταν κατασκευάζεται μίγμα διαφόρων τύπων καλκίων. Αυτό κάνει το μηχανικό καθαρισμό πιο αποτελεσματικό.

Ελεύθερο Διοξείδιο του Ανθρακα

Η διαλυτότητα των ανθρακικών αλάτων επηρεάζεται από το ποσό του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα στο διάλυμα. Αύξηση του ελεύθερου CO₂ έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του pH και την αύξηση της διαλυτότητας των ανθρακικών αλάτων. Για κάθε μόριο CO₂ που απομακρύνεται, ένα ανθρακικό ιόν καθιζάνει (Simkiss, 1964b). Αυτό δείχνεται από την εξίσωση 14.



Επικάλυψη των Ανθρακικών σωματιδίων με διαλυμένα Οργανικά

Κάτω από ιδανικές συνθήκες, η διαλυτότητα των ανθρακικών αλάτων επηρεάζεται από τις αλλαγές της θερμοκρασίας, αλατότητας και της μερικής πίεσης του ελεύθερου CO₂. Ο Chave (1965) έδειξε ότι το στρώμα που σχηματίζεται στα ανθρακικά σωματίδια, από πολικές οργανικές ενώσεις, εμποδίζει εντελώς την είσοδό τους στο διάλυμα. Αυτό συμβαίνει ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους παράγοντες που αναφέρθηκαν.

Όταν το pH, του θαλασσινού νερού, μετατοπίζεται προς το όξινο (pH = 7.25), με προσθήκη υδροχλωρίου, δεν ανιχνεύεται καμιά δραστηριότητα των φυσικών ανθρακικών παρόλο που εξωγενής ασβεστόλιθος διαλύεται πολύ εύκολα. Σε μια μεταγενέστερη εργασία (Chave & Suess, 1967) καθορίστηκε ότι τα φυσικά ανθρακικά ήταν πλήρως διαλυτά μόνο σε pH = 3. Εργαστηριακές μελέτες έδειξαν ότι στα ανθρακικά σωματίδια δημιουργείται γρήγορα οργανικό επιφανειακό φιλμ.

Οργανικά Φωσφορικά

Ο Simkiss (1946b) βρήκε ότι η παρουσία κάποιων συγκεκριμένων οργανικών φωσφορικών στο νερό ανέστειλε την καθίζηση των ανθρακικών αλάτων. Αυτό προτάθηκε μετά τη διαπίστωση της διαφοράς του φυσικού και τεχνητού θαλασσινού νερού να προκαλέσει την καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου. Έτσι δείχθηκε ότι το

φυσικό νερό είχε μια ανασταλτική ουσία, που δεν ήταν παρούσα στο τεχνητό νερό. Ο Simkiss εξέτασε τρία οργανικά φωσφορικά στο τεχνητό νερό. Η σειρά αποτελεσματικότητάς τους, στην καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου, ήταν: πυροφωσφορικάτριφωσφορικής αδενοσίνης (ΑΤΡ)γλυκερινοφωσφορικών. Η προσθήκη ορθοφωσφορικών στο τεχνητό θαλασσινό νερό προκαλούσε ουσιαστικά το ίδιο αποτέλεσμα, που παρατηρείτο και στο φυσικό θαλασσινό νερό. Το πέρασμα του φυσικού νερού από μια στήλη ιοντοανταλλαγής απομάκρυνε τις ανασταλτικές ουσίες αλλά η επώαση τους με αλκαλική φωσφατάση και υδρόλυσή τους με βράσιμο δεν είχε το ίδιο αποτέλεσμα.

Τα οργανικά φωσφορικά αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου στο νερό καλλιέργειας. Κανείς δεν έχει μετρήσει την ανασταλτική τους ικανότητα στην καθίζηση των ανθρακικών μετάλλων σε κλειστά συστήματα.

4.4 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ pH: ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΣΤΑΔΙΑΚΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ pH

Τα διαλυμένα οργανικά ελαττώνουν τη δυναμικότητα ρύθμισης του φίλτρου λόγω της εναπόθεσής τους πάνω στα ανθρακικά σωματίδια και κατ' επέκταση της ελάττωσης των θέσεων ανταλλαγής ασβεστίου-μαγνησίου. Επίσης, αντιδρούν κατευθείαν με ανθρακικά άλατα και τα ιζηματοποιούν. Διαδικασίες οξείδωσης από βακτήρια αυξάνουν τα επίπεδα του ελεύθερου CO₂ και των νιτρικών, που και τα δύο μειώνουν το pH. Παρόλο που τα ανθρακικά άλατα γίνονται πιο διαλυτά με την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, αυτό αντισταθμίζεται γρήγορα από την γρήγορη επικάλυψη των ανθρακικών από διαλυμένα οργανικά.

Διαλυμένα Οργανικά

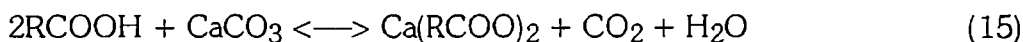
Παρόλο που δεν έχει δείχθει πειραματικά, είναι πιθανό ότι οργανικές ουσίες στο διάλυμα καλύπτουν του κόκκους του φίλτρου με τον ίδιο τρόπο που καλύπτουν τα ανθρακικά σωματίδια στη θάλασσα. Η ίδια διαδικασία, πιθανώς, λαμβάνει χώρα τόσο στα θαλάσσια συστήματα καλλιέργειας όσο και σ' αυτά των γλυκών νερών. Το συνολικό αποτέλεσμα είναι μια δραστική μείωση των θέσεων ανταλλαγής ασβεστίου-μαγνησίου, στην επιφάνεια των χαλικιών, με μια επακόλουθη μείωση της ρυθμιστικής δράσης του φίλτρου. Αυτό υποστηρίζεται από το γεγονός ότι παλαιό ασβεστογενές χαλίκι από ένα φίλτρο γίνεται, παροδικά, καλύτερο υλικό φίλτρου μετά από πλύση του με οξύ.

Τα διαλυμένα οργανικά, σε συστήματα καλλιέργειας, φαίνεται να επικαλύπτουν τα καλίκια με ταχύτερους ρυθμούς από αυτούς με τους οποίους μπορούν να απομακρύνονται από το διάλυμα με τεχνικές χημικού καθαρισμού. Είναι σημαντικό λοιπόν, να ελέγχονται οι υπόλοιποι παράγοντες που επηρεάζουν το pH.

Παράλληλα με την επικάλυψη των καλικιών και την ελάττωση των θέσεων ανταλλαγής, η συνάθροιση των διαλυμένων οργανικών επηρεάζει επίσης και τη σταθερότητα του ασβεστίου στο διάλυμα. Σύμφωνα με τον Berner (1968)

... Κατά τη διάρκεια της υδρόλυσης των λιπών από τα βακτήρια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα μπορούν να αντιδρούν με αμμωνία προς σχηματισμό σαπώνων αμμωνίου, οι οποίοι με τη σειρά τους καθιζάνουν σαν αδιάλυτοι σάπωνες του ασβεστίου.

Αυτό δείχνει ότι τουλάχιστον ένα μέρος του ασβεστίου που είναι διαθέσιμο στο αλκαλικό απόθεμα χάνεται στο ίζημα με την πάροδο του χρόνου. Μια τέτοια αντίδραση με λιπαρό οξύ δίνεται από τον Berner (1968)



Η σημαντικότητα αυτής της αντίδρασης όσον αφορά στα μακροπρόθεσμα αποτελέσματά της στο σύστημα του CO₂ δεν έχει καθοριστεί. Ωστόσο, όπως φαίνεται από τη μείωση του pH, η βακτηριακή οξείδωση υπερέρχει της βακτηριακής αναγωγής σε "γερασμένα" συστήματα. Τα εν δυνάμει ανεπιθύμητα αποτελέσματα της καθίζησης του ασβεστίου από οργανικά μπορούν να αντιμετωπιστούν μερικώς με τη διατήρηση των οργανικών σε χαμηλά επίπεδα και με την περιοδική απομάκρυνση της περίσσειας του επιφανειακού τριπτόν. Αυτές οι διαδικασίες μειώνουν την ολική ετεροτροφική αναπνοή και την παραγωγή του CO₂ ελαττώνοντας τις διαθέσιμες πηγές ενέργειας.

Διαδικασίες Βακτηριακής Οξείδωσης

Όλες οι οξειδωτικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένης και της νιτροποίησης, είναι διαδικασίες σχηματισμού οξέων με αποτέλεσμα την παραγωγή ελεύθερου CO₂. Αργή ανακύκλωση και ελαφρά επιφανειακή ανάδευση προκαλούν την αύξηση στα επίπεδα του ελεύθερου CO₂. Η συνδυασμένη αναπνοή των μικροοργανισμών και των ζώων προκαλεί, επίσης, αυτή την κατάσταση. Σε υπερφορτωμένα αλλά ασθενώς ρυθμιζόμενα συστήματα, το αποτέλεσμα είναι, συχνά, η δραματική πτώση του pH σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ο Kern (1960) έδειξε ότι η υψηλή διαλυτότητα του ελεύθερου CO₂ στο νερό κάνει δύσκολη την απομάκρυνσή του από το διάλυμα. Αν ο αερισμός κλείσει, σε κάποιο σύστημα καλλιέργειας, θα απαιτηθούν αρκετές ώρες μετά την αποκατάσταση της φυσιολογικής ανακύκλωσης ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια του CO₂. Αν

διατηρούνται σταθερά τα επίπεδα ανακύκλωσης δεν πρόκειται να παρατηρηθούν υψηλά επίπεδα CO₂.

Η συσσώρευση νιτρικών συνοδεύεται από μια ελάττωση του pH του νερού καλλιέργειας (Honig, 1934). Σε καλά διαχειριζόμενα συστήματα, τα επίπεδα των νιτρικών ελαττώνονται μερικώς μέσω της απονιτροποίησης. Αν γίνονται μερικές αλλαγές του νερού με σταθερό ρυθμό 10% ανά 2 εβδομάδες, τα επίπεδα των νιτρικών σπάνια υπερβαίνουν τα 20 ppm. Αυτό το ποσό δεν είναι αρκετό ώστε να επέμβει στη φυσιολογική ισορροπία του pH.

4.5 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ pH

Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου, σε καλά ρυθμιζόμενα συστήματα νερού καλλιέργειας, δεν είναι περιοριστικός παράγοντας αν οι αλλαγές του pH είναι σταδιακές. Σημαντική διακύμανση του pH (η οποία προκαλεί αύξηση των επιπέδων του ελεύθερου CO₂) είναι πρόβλημα μόνο στα μαλακά νερά και αυτό μπορεί εύκολα να διορθωθεί προσθέτοντας ασβεστογενή καλίκια στο φίλτρο.

Τα αποδεκτά επίπεδα του pH, στις θαλάσσιες καλλιέργειες, είναι 7.5 - 8.3 και σε καλλιέργειες γλυκού νερού είναι 7-9. Ακριβής αναπαραγωγή των τιμών pH που βρίσκονται στη φύση κρίνεται μη απαραίτητη. Για παράδειγμα, συνηθίζεται να συντηρούνται σε όξινο νερό τα τροπικά ψάρια εφόσον αυτό βοηθά στην προσομοίωση του περιβάλλοντός τους. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί ότι τα αιχμάλωτα ζώα υπόκεινται σε διάφορα φυσιολογικά στρες σαν αποτέλεσμα του περιορισμού τους. Το όξινο νερό, το μόνο που κάνει είναι να τους δημιουργεί άλλο ένα στρες, καθώς αυξάνεται η μερική πίεση του CO₂ στο διάλυμα (βλ. Ενοτ. 5.3).

Οι τιμές του pH στην ανοικτή θάλασσα ποικίλουν πολύ λίγο. Αν η μείωση του pH σε ένα θαλάσσιο σύστημα καλλιέργειας είναι σταδιακή το αποτέλεσμά της πάνω στα ζώα είναι ασήμαντο. Γενικά, δεν είναι συνηθισμένο να διατηρούμε τα θαλάσσια ζώα σε νερό με pH μικρότερο του 7.5, ακόμη και αν το κατώτερο όριο του 7 (pH=7) δοσμένο από τον Moore (1958) δεν τους προξενούν βλάβες στη φύση.

Δεν υπάρχουν ισχυρές αποδείξεις, ότι αργές αλλαγές στη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι άμεσα βλαβερές στους υδρόβιους οργανισμούς. Ωστόσο, τα ιόντα υδρογόνου είναι χρήσιμα στο να επισημαίνουν αλλαγές που συμβαίνουν στο νερό. Έχουμε ήδη αναφέρει ότι διάφοροι παράγοντες είναι υπεύθυνοι για την πτώση του pH (Ενοτ 4). Η προσθήκη αλκαλικών ουσιών, όπως σβησμένης ασβέστου ή όξινου ανθρακικού ασβεστίου σε όξινο νερό καλλιέργειας, όπως έχει εφαρμοστεί σε κάποια δημόσια ενυδρεία (Atz, 1964a), δεν αναιρεί την ουσιαστική αιτία της μείωσης.

Για παράδειγμα, αν η αιτία είναι μια αύξηση των νιτρικών, τότε η προσθήκη ρυθμιστικών ουσιών δεν φέρνει ουσιαστικό αποτέλεσμα. Αυτό επίσης συμβαίνει αν η αιτία είναι η περίσσεια των οργανικών που σηματοδοτούν ένα bloom ετεροτροφικών βακτηρίων και την ακόλουθη παραγωγή του ελεύθερου CO₂. Προσθήκη ασβέστου δεν μειώνει τα επίπεδα των οργανικών υποστρωμάτων. Στην πραγματικότητα, δεν κάνει τίποτε άλλο από την πρόσκαιρη ελάττωση των επιπέδων του ελεύθερου CO₂.

Οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για τη μείωση του pH πρέπει να ελέγχονται άμεσα. Το γεγονός ότι το pH πέφτει κάτω από τα επιτρεπτά όρια, σημαίνει ότι συμβαίνουν αλλαγές που πρέπει να αντιμετωπισθούν. Η προσθήκη ρυθμιστικών ουσιών είναι, στην πραγματικότητα, πράξη αντιμετώπισης του προβλήματος παρά πρόληψης. Σε καλά διαχειριζόμενα συστήματα καλλιέργειας, αποδεκτά όρια pH διατηρούνται για πάντα μέσω των χαλικιών των φίλτρων και δεν απαιτούνται επιπρόσθετες ρυθμιστικές ουσίες.

Table 4. Percentage Molar Fractions of Carbonic Acid, Bicarbonate, and Carbonate in Cold and Warm Sea Water at Different pH Values (Chlorinity = 19 ‰).

pH	H ₂ CO ₃ (CO ₂)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
Temperature 8 C			
7.4	4.9	93.5	1.6
7.5	3.9	94.0	2.1
7.6	3.1	94.1	2.8
7.7	2.5	94.2	3.3
7.8	2.0	93.9	4.1
7.9	1.6	93.2	5.2
8.0	1.2	92.2	6.6
8.1	1.0	91.0	8.0
8.2	0.7	89.3	10.0
8.3	0.6	87.2	12.2
8.4	0.5	84.4	15.1
Temperature 24 C			
7.4	3.7	93.7	2.6
7.5	2.9	93.9	3.2
7.6	2.3	93.7	4.0
7.7	2.0	93.2	4.8
7.8	1.4	92.5	6.1
7.9	1.1	91.4	7.5
8.0	0.9	89.7	8.4
8.1	0.7	87.9	11.4
8.2	0.5	85.3	14.2
8.3	0.4	82.4	17.2
8.4	0.3	78.9	20.8

TABLE 5. Percentage Molar Fractions of Carbonic Acid, Bicarbonate, and Carbonate in Cold and Warm Fresh Water at Different pH Values

pH	H ₂ CO ₃ (CO ₂)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
Temperature 8 C			
5.0	96.9	3.1	0
5.1	96.2	3.8	0
5.2	95.2	4.8	0
5.3	94.0	6.0	0
5.4	92.5	7.5	0
5.5	91.0	9.0	0
5.6	88.5	11.5	0
5.7	86.0	14.0	0
5.8	83.4	16.6	0
5.9	80.0	20.0	0
6.0	75.8	24.2	0
6.1	71.5	28.5	0
6.2	66.2	33.8	0
6.3	61.5	38.5	0
6.4	55.3	44.7	0
6.5	49.7	50.3	0
6.6	43.9	56.1	0
6.7	38.5	61.5	0
6.8	32.8	67.2	0
6.9	28.0	72.0	0
7.0	23.6	76.4	0
7.1	19.8	80.2	0
7.2	16.4	83.6	0
7.3	13.3	86.7	0
7.4	11.0	89.0	0
7.5	8.8	91.2	0
7.6	7.3	92.6	0.1
7.7	5.5	94.3	0.2
7.8	4.7	95.1	0.2
7.9	3.7	96.0	0.3
8.0	3.0	96.7	0.3
8.1	2.5	97.1	0.4
8.2	1.9	97.6	0.5
8.3	1.5	97.9	0.6
8.4	1.2	98.1	0.7
8.5	1.0	98.1	0.9

(continued)

Table 5 (continued)

pH	H ₂ CO ₃ (CO ₂)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
Temperature 8 C			
8.6	0.8	98.1	1.1
8.7	0.6	97.9	1.5
8.8	0.4	97.7	1.9
8.9	0.4	97.2	2.4
9.0	0.3	96.7	3.0
9.1	0.3	96.0	3.7
9.2	0.2	95.3	4.5
9.3	0.2	94.2	5.6
9.4	0.1	93.0	6.9
9.5	0.1	90.9	9.0
9.6	0	89.4	10.5
9.7	0	86.7	13.3
9.8	0	84.0	16.0
9.9	0	80.5	19.5
10.0	0	76.9	23.1
10.1	0	72.5	27.5
10.2	0	68.0	32.0
10.3	0	62.0	38.0
10.4	0	57.3	42.7
Temperature 24 C			
5.0	95.9	4.1	0
5.1	94.9	5.1	0
5.2	93.7	6.3	0
5.3	92.1	7.9	0
5.4	90.3	9.7	0
5.5	88.2	11.8	0
5.6	85.5	14.5	0
5.7	82.5	17.5	0
5.8	79.1	20.9	0
5.9	74.7	25.3	0
6.0	70.0	30.0	0
6.1	65.0	35.0	0
6.2	59.9	40.1	0
6.3	54.1	45.9	0
6.4	48.1	51.9	0
6.5	42.4	57.6	0
6.6	36.9	63.1	0

(continued)

Table 3 (continued)

pH	H ₂ CO ₃ (CO ₂)	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻
Temperature 24 C			
6.7	31.8	68.2	0
6.8	27.4	72.6	0
6.9	23.0	77.0	0
7.0	18.9	81.1	0
7.1	15.8	84.2	0
7.2	13.0	87.0	0
7.3	10.6	89.4	0
7.4	8.4	91.5	0.1
7.5	6.9	92.9	0.2
7.6	5.4	94.4	0.2
7.7	4.5	95.2	0.3
7.8	3.6	96.1	0.3
7.9	2.9	96.7	0.4
8.0	2.3	97.3	0.4
8.1	1.9	97.6	0.5
8.2	1.5	97.8	0.7
8.3	1.2	97.9	0.9
8.4	0.9	98.0	1.1
8.5	0.6	97.9	1.5
8.6	0.5	97.6	1.9
8.7	0.5	97.2	2.3
8.8	0.4	96.7	2.9
8.9	0.4	96.0	3.6
9.0	0.3	95.3	4.4
9.1	0.3	94.1	5.6
9.2	0.2	93.0	6.8
9.3	0.2	91.6	8.2
9.4	0.1	89.6	10.3
9.5	0	87.2	12.8
9.6	0	84.5	15.5
9.7	0	81.2	18.8
9.8	0	77.0	23.0
9.9	0	72.7	27.3
10.0	0	68.5	31.5
10.1	0	63.7	36.3
10.2	0	57.5	42.5
10.3	0	52.5	47.5
10.4	0	46.3	53.7

ΜΕΡΟΣ ΙΙ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΕΓΚΛΩΒΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΖΩΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΝΑΠΝΟΗ

5.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

Το νερό είναι ένα δύσκολο μέσο για την αναπνοή. Σε κορεσμό περιέχει μόνο 3% του οξυγόνου που περιέχει ο αέρας και τις περισσότερες φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα. Είναι ένα πυκνό μέσο και τα πλάσματα που ζούν μέσα σ' αυτό το βασίλειο πρέπει να προσπαθούν σκληρά για να πάρουν το οξυγόνο που χρειάζονται.

Η μερική πίεση ενός αερίου στην ατμόσφαιρα είναι αμέσως ανάλογη του όγκου που καταλαμβάνει και η μερική πίεση κάθε αερίου είναι η ίδια. Στο νερό, η σχέση μεταξύ του όγκου του αερίου στο διάλυμα και της μερικής του πίεσης εξαρτάται από τη διαλυτότητά του ή την ικανότητά του να αντιδρά με το νερό. Η διαλυτότητα του οξυγόνου σε συστήματα καλλιέργειας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την αλατότητα και επίσης από τον ρυθμό με τον οποίο έρχεται σε επαφή με το νερό. Αυτός ο τελευταίος παράγοντας είναι κατά κύριο λόγο μια συνάρτηση της επιφανειακής ανάδευσης.

Θερμοκρασία

Θερμοκρασία και διαλυτότητα του οξυγόνου είναι αντιστρόφως ανάλογες. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η διαλυτότητα του οξυγόνου ελαττώνεται, όπως φαίνεται στον Πιν. 6.

Αλατότητα

Αλατότητα και διαλυτότητα του οξυγόνου είναι αντιστρόφως ανάλογες. Μια αύξηση της αλατότητας προκαλεί μια ελάττωση της διαλυτότητας του οξυγόνου. Αυτό φαίνεται επίσης στον Πιν. 6.

Επιφανειακή Ανάδευση

Το οξυγόνο μπαίνει στο νερό με άμεση διάχυση στη μεσόφαση αέρα-νερού. Εφόσον, σε κανονικές συνθήκες, το οξυγόνο είναι πολύ περισσότερο στον αέρα απ' ότι στο νερό, το ατμοσφαιρικό οξυγόνο διαχέεται μέσα στο νερό, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι μικρότερη. Αυτή η διαδικασία διευκολύνεται με την ανάδευση της επιφάνειας.

Όταν χρησιμοποιείται κάποιο φίλτρο, το αποξυγονωμένο νερό που έχει περάσει μέσα από τη στήλη του νερού και του φίλτρου ξαναοδηγείται πίσω στην επιφάνεια και αναδύεται. Όσο πιο μεγάλος είναι ο ρυθμός ανακύκλωσης τόσο πιο πολύ νερό έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα. Ένας υψηλός ρυθμός ανακύκλωσης είναι κρίσιμος στο να διατηρήσει το διαλυμένο οξυγόνο σε επίπεδα κοντά στο σημείο κορεσμού.

Η επιφανειακή ανάδευση επίσης απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα από το διάλυμα καθώς έρχεται ένα μεγαλύτερο μέρος χρησιμοποιημένου νερού στη μεσόφαση νερού-αέρα, σε μια δεδομένη χρονική περίοδο. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα να διατηρήσει ένα επίπεδο ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα που να πλησιάζει την ποσότητα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα ελαττώνοντας τη μερική πίεσή του στο διάλυμα. Μια σταθερή ανακύκλωση 1 gsfm σε συστήματα των 200 γαλονιών διατηρεί το οξυγόνο σε επίπεδα κορεσμού, σε όλες τις θερμοκρασίες, και εξαλείφει την έλλειψη οξυγόνου σαν περιοριστικό παράγοντα όταν οι άλλες συνθήκες στο σύστημα καλλιέργειας τίθενται υπό αμφισβήτηση.

Η επαρκής ανακύκλωση είναι πολύ σπουδαία, σε συστήματα θερμού νερού, επειδή τα ζώα που καλλιεργούνται σ' αυτά έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις σε οξυγόνο. Η κατάσταση στο ζεστό νερό είναι πιο πολύπλοκη εξαιτίας της μικρότερης διαλυτότητας του οξυγόνου σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Εξάλλου, πρέπει να μην ξεχνάμε ότι η στήλη του φίλτρου διατηρεί ένα υψηλό BOD και ανταγωνίζεται με τα ζώα για κάποιες ποσότητες οξυγόνου.

Η θερμοκρασία και η αλατότητα, παράλληλα με άλλους παράγοντες, επηρεάζουν την αναπνοή και τον μεταβολισμό των καλλιεργούμενων ζώων. Η ασκούμενη επιρροή τους περιπλέκεται από τις εξαιρετικά ποικίλες φυσιολογικές απαιτήσεις και τα ποικίλα επίπεδα ανθεκτικότητας μεταξύ των ειδών καθώς επίσης και από τις φυσικές διαφορές μεταξύ των ατόμων των ίδιων ειδών. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας της υδάτινης βιόσφαιρας, η φύση και ο βαθμός αυτών των διαφορών είναι κατά κύριο λόγο άγνωστα. Για αυτό το λόγο, τα ψάρια θα χρησιμοποιηθούν σαν παραδείγματα, εφόσον έχουν μελετηθεί αρκετά περισσότερο σε σχέση με άλλους οργανισμούς. Ωστόσο, εφόσον τα ασπόνδυλα υπόκεινται στους ίδιους παράγοντες στρες, οι ίδιες αρχές ισχύουν και για αυτά.

5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία είναι ο πιο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την αναπνοή. Εφόσον η θερμοκρασία καθορίζει, σε πολύ μεγάλο βαθμό, όχι μόνο την ποσότητα του οξυγόνου στο διάλυμα αλλά επίσης την ποσότητα που είναι διαθέσιμη στα ζώα, ασκεί μεγάλη επιρροή στο μεταβολισμό. Σε ψυχρόαιμα ζώα η θερμοκρασία, η αναπνοή και ο ρυθμός μεταβολισμού είναι άρνηκτα συνδεδεμένα. Η κατανάλωση οξυγόνου είναι ένας από τους δείκτες που συχνά χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του μεταβολισμού. Τα ασπόνδυλα και τα ψάρια είναι ψυχρόαιμα ζώα και είναι σημαντικό να μην ξεχνάμε ότι ο μεταβολικός ρυθμός τους είναι ρυθμισμένος στις θερμοκρασίες για τις οποίες είναι φυσιολογικά εγκλιματισμένα. Η θερμοκρασιακές διακυμάνσεις κάνουν την αναπνοή ακόμη πιο δύσκολη σε ένα ήδη βεβαρημένο περιβάλλον.

Επιπτώσεις στην Αναπνοή

Ο ρυθμός αναπνοής των περισσότερων υδρόβιων ζώων αυξάνεται αυξανόμενης της θερμοκρασίας. Αυτό έχει δείξει από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών. Για παράδειγμα, οι Kanungo & Prosser (1959) σημείωσαν ότι η ενεργή κατανάλωση οξυγόνου σε χρυσόψαρα εγκλιματισμένα στους 30 °C ήταν 359 φορές περισσότερη από ψάρια που ήταν εγκλιματισμένα στους 10 °C. Ο Morris (1962) βρήκε ότι ο εγκλιματισμός σε θερμό περιβάλλον διπλασίαζε το ρυθμό αναπνοής στην κικλίδα, *Aequidens portalegrensis*.

Ο Wells (1935), Fry & Hart (1948) και Kanungo & Prosser (1959) έδειξαν ότι σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες ψάρια που ήταν εγκλιματισμένα σε ψυχρά περιβάλλοντα έχουν υψηλότερο ρυθμό αναπνοής από αυτά που ήταν εγκλιματισμένα σε θερμό περιβάλλον. Οι Kanungo & Prosser (1959) βρήκαν ότι αν ένα χρυσόψαρο, που ήταν εγκλιματισμένο σε 10 °C, τοποθετηθεί σε νερό θερμοκρασίας 20 °C η βασική κατανάλωση οξυγόνου ήταν 26% και η ενεργή κατανάλωση 10% υψηλότερη από ψάρια που διατηρούνταν στους 20 °C και μετά εγκλιματιζόταν στους 30 °C.

Υπάρχουν αποδείξεις ότι η υψηλή θερμοκρασία συνδισσόμενη με χαμηλό οξυγόνο έχει πολύ μεγαλύτερο αποτέλεσμα από ότι κάθε ένας παράγοντας ξεχωριστά (Wiens & Armitage, 1961). Αυτό συμφωνεί με τις περισσότερες παρατηρήσεις ότι τα ζώα που είναι εγκλιματισμένα σε θερμά νερά συχνά πεθαίνουν πιο γρήγορα από τα ζώα που είναι εγκλιματισμένα σε κρύα νερά όταν συμβεί κάποια βλάβη στο σύστημα τροφοδοσίας αέρα.

Η αναπνοή στα υδρόβια περιβάλλοντα εξαρτάται από την μερική πίεση του οξυγόνου στο διάλυμα και από το ποσό του νερού που μπορεί να περάσει από τα

βράγχια των ζώων. Στα ψάρια ο αερισμός των βραγχίων πρέπει να αλλάζει παράλληλα με τις αλλαγές της συγκέντρωσης του οξυγόνου, αν τα ζώα θέλουν να διατηρήσουν ένα κανονικό επίπεδο μεταβολισμού. Σε 0 °C ο αερισμός των βραγχίων είναι μισός από αυτόν στους 37 °C εξαιτίας του ότι σε ψηλότερες θερμοκρασίες η διαλυτότητα του οξυγόνου είναι σχεδόν η μισή. Επίσης καθώς ο ρυθμός αναπνοής αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, αυξάνεται και ο μεταβολικός ρυθμός δημιουργώντας έτσι μια μεγαλύτερη απαίτηση οξυγόνου στους ιστούς.

Πολλά είδη μπορούν να αντέξουν μόνο μικρές αλλαγές της θερμοκρασίας. Ο Morris (1965) αναφέρει ότι υπάρχουν διαφορετικοί μηχανισμοί στα διάφορα είδη των οστεϊχθύων. Σε ένα τύπο, προσπάθειες εγκλιματισμού των ειδών των θερμών νερών σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουν σαν αποτέλεσμα τόσο δραστική πτώση του μεταβολισμού ώστε τα ζώα είναι ανίκανα να προσαρμοστούν. Σε ένα άλλο τύπο, ο εγκλιματισμός είναι συχνά μοιραίος.

Θερμικός Εγκλιματισμός

Διάφοροι ερευνητές κυρίως ο Wells (1935), ο Schlieper (1950) και ο Saunders (1962) έδειξαν ότι ο θερμικός εγκλιματισμός των ψαριών μπορεί να μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια σε όρους ημέρας παρά ωρών. Ο Saunders, για παράδειγμα έδειξε ότι ο πλήρης εγκλιματισμός ακόμη και ενός "σκληρού" είδους απαιτούσε 48 ώρες μετά τη μεταφορά του από 32 °C σε νερό 36 °C. Αυτός θεώρησε ότι αυξήσεις της θερμοκρασίας κατά ένα βαθμό ανα 24 ώρες είναι ένας καλός ρυθμός εγκλιματισμού. Ο Tyler (1966) χρησιμοποίησε αυτό τον ρυθμό για να εγκλιματίσει δύο είδη των φοξίνων (minnows) σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Όταν τα εγκλιμάτισε σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ο ρυθμός που εφάρμοσε ήταν 1/2 °C ανά ημέρα.

Ο ρυθμός 1 °C ανά 24 ώρες είναι ικανοποιητικός για τον εγκλιματισμό υδρόβιων ζώων σε είτε υψηλότερες ή χαμηλότερες θερμοκρασίες, σε συστήματα καλλιέργειας.

Ο εγκλιματισμός των πρόσφατα αιχμαλωτισμένων ζώων πρέπει πάντα να αρχίζει από την επικρατούσα, στο φυσικό περιβάλλον, θερμοκρασία τη στιγμή της σύλληψης. Αυτό εμποδίζει την εφαρμογή πολύ έντονου στρες που θα προκαλούσαν θερμοκρασίες που βρίσκονται κοντά στο κατώφλι θανάτου. Και στα κρύα και στα ζεστά νερά, θερμοκρασίες ακόμη και ελαφρά υψηλότερες μπορεί να προκαλέσουν αύξηση του μεταβολικού ρυθμού πάνω από τα μέγιστα επίπεδα σε ζώα που έχουν πρόσφατα αιχμαλωτιστεί. Σε εύκρατα κλίματα, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει εποχιακό χαρακτήρα και αυτό που αποτελεί μια αρκετά καλή θερμοκρασία περιβάλλοντος για μια δεδομένη στιγμή του χρόνου μπορεί να είναι θανατηφόρα 6 μήνες αργότερα. Για παράδειγμα, άμεση τοποθέτηση ενός largemouth bass σε θερμό νερό είναι, πιθανότατα, θανατηφόρα, υπό την προϋπόθεση ότι αιχμαλωτίστηκε το χειμώνα. Άμεση τοποθέτησή

του όμως σε θερμό νερό είναι λιγότερο επιβλαβής αν αιχμαλωτίστηκε κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

Όταν τα ψάρια τοποθετούνται ξαφνικά σε νερό διαφορετικής θερμοκρασίας υπόκεινται σε θερμικό σοκ και εκφράζουν χαρακτηριστικά πρότυπα συμπεριφοράς. Αυτά τα πρότυπα είναι πάνω κάτω τα ίδια σε όλα τα ψάρια. Όταν η νέα θερμοκρασία είναι υψηλότερη, τα ψάρια μπορεί να αυξήσουν τη δραστηριότητά τους, να μεταβάλλουν την ισορροπία τους (συμπεριλαμβανομένων και κινήσεων χωρίς νόημα, άνοδο στην επιφάνεια, κολύμβηση σε μη φυσικές θέσεις, αύξηση των κινήσεων των πτερυγίων και προσωρινή ισορροπία με την ουρά προς τα πάνω) και μια γενική αύξηση της αναπνοής όπως μετρήθηκε από τις κινήσεις των βραγχιακών επικαλυμάτων (Hoff & Westman, 1966). Όταν ένα ψάρι υπόκειται σε απότομη μείωση της θερμοκρασίας παρατηρείται απώλεια της ισορροπίας, αύξηση του ρυθμού αναπνοής και βίαιοι σπασμοί (Hoff & Westman, 1966).

Γενικά αυξάνοντας τη θερμοκρασία σε ένα σύστημα κρύου νερού, που περιέχει ζώα εγκλιματισμένα σε ψυχρό νερό, είναι ιδιαίτερα επίπονο για τα ψάρια. Υπάρχουν δύο λόγοι για αυτό. Πρώτο, αυξάνοντας τη θερμοκρασία αυξάνεται ο μεταβολισμός του ζώου. Δεύτερο, καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η διαλυτότητα του οξυγόνου μειώνεται. Αυτή η διαδικασία υπερκαλύπτει το ρυθμό με τον οποίο τα ζώα θα μπορούσαν να προσαρμοστούν θερμικά. Το διαλυμένο οξυγόνο μπορεί να προσαρμοστεί μέσα σε μερικές ώρες ενώ ο πλήρης θερμικός εγκλιματισμός των ζώων συχνά απαιτεί μερικές μέρες.

Τα αποτελέσματα της μείωσης της θερμοκρασίας σε ένα σύστημα ζεστού νερού, στο οποίο υπάρχουν ζώα εγκλιματισμένα, δεν είναι τόσο σοβαρά. Καθώς η θερμοκρασία μειώνεται, ο μεταβολισμός των ζώων επίσης μειώνεται έχοντας σαν αποτέλεσμα μειωμένες απαιτήσεις και κατανάλωση οξυγόνου. Επίσης η διαλυτότητα του οξυγόνου αυξάνει καθώς η θερμοκρασία μειώνεται κάνοντάς το πιο διαθέσιμο.

Το θερμικό σοκ είναι μια κύρια αιτία θανάτου σε πρόσφατα αποκτηθέντα ζώα. Ο Tyler (1966) έδειξε ότι η διατήρηση των νέων ψαριών στους πλαστικούς σάκκους αποστολής και η τοποθέτηση των σάκκων στα συστήματα καλλιέργειας, για μια μικρή χρονική περίοδο, αυξάνει την αντίστασή τους στο θερμικό στρες. Αλλά αν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ του νερού του συστήματος και των σάκκων, η προηγούμενη ενέργεια έχει περιορισμένα αποτελέσματα. Η θερμοκρασία σε μικρούς σάκκους εξισώνεται με τη θερμοκρασία του συστήματος σε διάστημα μερικών λεπτών ενώ ο μεταβολικός ρυθμός των ζώων παραμένει αμετάβλητος.

Στις περιπτώσεις όπου η θερμοκρασία είναι περίπου η ίδια και η γενική φυσιολογική κατάσταση των ψαριών είναι καλή, η τεχνική της τοποθέτησης του σάκκου στο σύστημα καλλιέργειας ελαττώνει τις απώλειες. Ωστόσο, αν τα ζώα έχουν υποστεί δραστική ελάττωση των επιπέδων του οξυγόνου και αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και της

αμμωνίας κατά τη μεταφορά, τότε οι ζημιές που θα προκληθούν είναι πολύ μεγαλύτερες, αν κρατηθούν σε τόσο δυσμενείς συνθήκες από το να τοποθετηθούν αμέσως στις δεξαμενές καλλιέργειας.

Η ασφαλέστερη μέθοδος εγκλιματισμού των ζώων είναι να έλθει στα ίδια επίπεδα η θερμοκρασία του συστήματος καλλιέργειας με αυτή στην οποία είναι εγκλιματισμένα τα ζώα, πριν την συλλογή τους ή την παραλαβή τους.

Από τη στιγμή που τα ζώα τοποθετηθούν στο σύστημα καλλιέργειας μπορούν να αφεθούν σ' αυτή τη θερμοκρασία για τουλάχιστον μια εβδομάδα. Αν δεν παρουσιάσουν σημάδια στρες, η θερμοκρασία μπορεί να προσαρμοστεί στα επιθυμητά επίπεδα αυξανόμενη κατά 1 °C κατά 24 ώρες.

5.3 ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΝΟΗ

Διοξείδιο του Ανθρακα

Η παρουσία του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να καταστείλει την σχέση του αίματος των ψαριών ως προς το οξυγόνο. Αυτό είναι γνωστό σαν Root effect. Η σπουδαιότητά του στην κατανάλωση οξυγόνου των μικρότερων ζώων έχει δεχθεί επιθέσεις τα τελευταία χρόνια, αλλά τα αποτελέσματά του μπορεί να είναι σημαντικά σε συστήματα με μεγάλο αριθμό ατόμων και χαμηλή τάση οξυγόνου καθώς επίσης και μικρή ρυθμιστική ικανότητα.

Ο Basu (1959), δουλεύοντας πάνω στον κυπρίνο και το χρυσόψαρο, βρήκε ότι η κατανάλωση οξυγόνου μειωνόταν με την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα. Ο ρυθμός αυτός ήταν μια γραμμική συνάρτηση του λογαρίθμου της κατανάλωσης οξυγόνου και της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα. Η μείωση ήταν μεγαλύτερη κάτω από συνθήκες μικρής τάσης οξυγόνου. Οι Dahlberg *et al.* (1968) υπέθεσαν ότι η σημαντικότητα του Root effect ίσως να υπερτονίστηκε σε προηγούμενες δημοσιευμένες δουλειές. Αυτό βασιζόταν στα πειράματά τους με largemouth bass και σολομού (coho). Και στα δυο είδη, αφύσικα υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα απέτυχαν στο να επηρεάσουν τις κολυμβητικές αποδόσεις σε μεγάλο βαθμό. Οι Lenfant και Johansen (1966) δεν μπόρεσαν να μετρήσουν το Root effect σε πειράματα με σκυλόψαρο του Ειρηνικού. Ωστόσο, οι Black *et al.* (1954) είχαν δείξει ότι όταν 15 είδη γλυκού νερού είχαν κλειστεί ατομικά σε δοχεία, η ανάλυση έδειξε ότι το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό ήταν υψηλότερη όταν η τάση του διοξειδίου του άνθρακα αυξανόταν. Αυτό κατανοήθηκε σαν μείωση της ικανότητας κατανάλωσης οξυγόνου σε υψηλά επίπεδα διοξειδίου του

άνθρακα. Ο Saunders (1962) βρήκε ότι το κατασταλτικό αποτέλεσμα του διοξειδίου του άνθρακα, σε ψάρια τα οποία ήταν σε ανάπαυση, ήταν προσωρινό και ότι τα άτομα ανέκαμπαν σε 3-5 ώρες. Σε κολυμβώντα ψάρια, τα αποτελέσματα ήταν μόνιμη αύξηση του ρυθμού αναπνοής και πτώση στην αποτελεσματική κατανάλωση οξυγόνου στον κυπρίνο, στα suckers και στα bullheads. Όπως ο Basu (1959), ο Saunders βρήκε ότι η πτώση της κατανάλωσης οξυγόνου ήταν γραμμική συνάρτηση της αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα.

Τα ψάρια μπορούν να εγκλιματιστούν σταδιακά σε αυξανόμενες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, μια διαδικασία που αυξάνει την πρόσληψη οξυγόνου κάτω από αφύσικα υψηλές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα. Στη φύση, τα ζώα έχουν αρκετό χρόνο για να προσαρμοστούν σε αυξανόμενα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, εκτός από περιπτώσεις (ή περιοχές) απότομης, σημαντικής και μεγάλης έκτασης μόλυνσης. Σε συνθήκες αιχμαλωσίας δεν συμβαίνει το ίδιο. Σε κλειστά συστήματα, όταν το σύστημα αερισμού κλείνεται, συμβαίνει απότομη αύξηση της τάσης του διοξειδίου του άνθρακα και τα ζώα τελικά αναπνέουν σε βάρος της δυναμικότητας του συστήματος (δηλ. εξαντλώντας το σύστημα όσον αφορά στο οξυγόνο). Και στη φύση και στην αιχμαλωσία, υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα, παραγόμενα λόγω των βιολογικών δραστηριοτήτων, συνήθως συσχετίζονται με χαμηλά επίπεδα οξυγόνου. Επίσης συμβαίνει και το αντίθετο, δηλ. υψηλά επίπεδα οξυγόνου υπονοούν χαμηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Σε συστήματα καλλιέργειας, η επιφανειακή ανάδευση (η οποία οδηγεί την περίσσεια του διοξειδίου του άνθρακα πίσω στην ατμόσφαιρα) και η ρυθμιστική δραστηριότητα των ασβεστογενών χαλικιών, συνδυάζονται ώστε να το διατηρήσουν σε χαμηλά επίπεδα.

Το Root effect είναι μια επίδραση υπό αμφισβήτηση στην αναπνοή των υδρόβιων ζώων. Η επαρκής ανακύκλωση και ρυθμιστική ικανότητα εξαλείφει αυτόματα αυτό τον παράγοντα στρες.

Αλατότητα

Η κατανάλωση οξυγόνου και ο ρυθμός αναπνοής αυξάνεται αυξανόμενης της αλατότητας (Potts & Parry, 1963). Το ειδικό βάρος στα θαλάσσια συστήματα δεν πρέπει ποτέ να ξεπερνά το 1.027. Σε συστήματα γλυκού νερού αυτό δεν πρέπει να είναι ποτέ μεγαλύτερο του 1.000.

Οι ακόλουθοι παράγοντες δεν θεωρούνται κανονικά σημαντικοί στη διαχείριση του νερού καλλιέργειας. Παρόλα αυτά αναφέρονται, παρακάτω, γι' αυτές τις σπάνιες περιπτώσεις όπου μπορεί να παίξουν σημαντικό ρόλο.

Μέγεθος των Ζώων

Γενικά, ο μεταβολικός ρυθμός των υδρόβιων ζώων είναι μικρότερος στα μεγάλα από ότι στα μικρά άτομα του ίδιου είδους (Prosser *et al.*, 1957· Wiens & Armitage 1961).

Ηλικία των Ζώων

Οι Roeder και Roeder (1964) βρήκαν μια γενική μείωση του ρυθμού αναπνοής με την ηλικία σε πλατύψαρα του γλυκού νερού. Οι Meuwis και Heuts (1957) δεν βρήκαν ουσιαστικά κάποια διαφορά μεταξύ ηλικίας και μεγέθους στον κυπρίνο, όσον αφορά στην αναπνοή. Κυπρίνος που είχε διατηρηθεί σε κατάσταση ασιτίας, για ένα χρόνο, βρέθηκε να έχει δείκτη αναπνοής ο οποίος ήταν μέσα στα όρια της ηλικιακής του ομάδας. Ωστόσο, όταν το ψάρι αυτό υπέστη θερμικό στρες, οι αντιδράσεις του ήταν ίδιες μ' αυτές των νεαρότερων ατόμων, μέσα στην ομάδα βάρους του. Αυτό δεν φαίνεται να είναι ο γενικός κανόνας όσον αφορά στο βάρος και στην ηλικία των ψαριών.

Φωτοπερίοδος

Οι Hoar και Robertson (1959) βρήκαν ότι χρυσόψαρα που συντηρούνταν κάτω από συνθήκες ελεγχόμενου φωτισμού (16 ώρες την ημέρα) ήταν πιο ανθεκτικά στις αιφνίδιες αυξήσεις της θερμοκρασίας από αυτά που διατηρούνταν κάτω από φωτισμό 8 ωρών/ημέρα. Η ομάδα που υποβλήθηκε σε μικρότερη φωτοπερίοδο ήταν πιο ανθεκτική σε απότομες μειώσεις της θερμοκρασίας. Η σημαντικότητα αυτού του αποτελέσματος ποικίλει ανάλογα με την περίοδο του έτους. Οι Evans *et al.* (1962) βρήκαν ότι στους 16 °C ομάδες της ιριδίζουσας πέστροφας είχαν υψηλότερο μεταβολικό ρυθμό όταν διατηρούνταν κάτω από φωτισμό 16 ωρών/ημέρα από ότι παρόμοια άτομα που διατηρούνταν κάτω από φωτισμό 8 ωρών/ημέρα. Αυτοί οι ερευνητές υπέθεσαν ότι το φως δρα μέσω του νευρικού συστήματος και επηρεάζει το μεταβολισμό με ένα τρόπο ανάλογο της θερμοκρασίας.

Table 6. Dissolved Oxygen (ppm) in Fresh, Brackish, and Sea Water at Different Temperatures

Temp., C	Chlorinity, ‰										
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	14.24	13.87	13.54	13.22	12.91	12.59	12.29	11.99	11.70	11.42	11.15
2	13.84	13.50	13.18	12.88	12.56	12.26	11.98	11.69	11.40	11.13	10.86
3	13.45	13.14	12.84	12.55	12.25	11.96	11.68	11.39	11.12	10.85	10.59
4	13.09	12.79	12.51	12.22	11.93	11.65	11.38	11.10	10.83	10.59	10.34
5	12.75	12.45	12.18	11.91	11.63	11.36	11.09	10.83	10.57	10.33	10.10
6	12.44	12.15	11.86	11.60	11.33	11.07	10.82	10.56	10.32	10.09	9.86
7	12.13	11.85	11.58	11.32	11.06	10.82	10.56	10.32	10.07	9.84	9.63
8	11.85	11.56	11.29	11.05	10.80	10.56	10.32	10.07	9.84	9.61	9.40
9	11.56	11.29	11.02	10.77	10.54	10.30	10.07	9.84	9.61	9.40	9.20
10	11.29	11.03	10.77	10.53	10.30	10.07	9.84	9.61	9.40	9.20	9.00
11	11.05	10.77	10.53	10.29	10.07	9.84	9.63	9.41	9.20	9.00	8.80
12	10.80	10.53	10.29	10.06	9.84	9.63	9.41	9.21	9.00	8.80	8.61
13	10.56	10.30	10.07	9.84	9.63	9.41	9.21	9.01	8.81	8.61	8.42
14	10.33	10.07	9.86	9.63	9.41	9.21	9.01	8.81	8.62	8.44	8.25
15	10.10	9.86	9.64	9.43	9.23	9.03	8.83	8.64	8.44	8.27	8.09
16	9.89	9.66	9.44	9.24	9.03	8.84	8.64	8.47	8.28	8.11	7.94
17	9.67	9.46	9.26	9.05	8.85	8.65	8.47	8.30	8.11	7.94	7.78
18	9.47	9.27	9.07	8.87	8.67	8.48	8.31	8.14	7.97	7.79	7.64
19	9.28	9.08	8.88	8.68	8.50	8.31	8.15	7.98	7.08	7.65	7.49
20	9.11	8.90	8.70	8.51	8.32	8.15	7.99	7.84	7.66	7.51	7.36
21	8.93	8.72	8.54	8.35	8.17	7.99	7.84	7.69	7.52	7.38	7.23
22	8.75	8.55	8.38	8.19	8.02	7.85	7.69	7.54	7.39	7.25	7.11
23	8.60	8.40	8.22	8.04	7.87	7.71	7.55	7.41	7.26	7.12	6.99
24	8.44	8.25	8.07	7.89	7.72	7.56	7.42	7.28	7.13	6.99	6.86
25	8.27	8.09	7.92	7.75	7.58	7.44	7.29	7.15	7.01	6.88	6.75
26	8.12	7.94	7.78	7.62	7.45	7.31	7.16	7.03	6.89	6.76	6.63
27	7.98	7.79	7.64	7.49	7.32	7.18	7.03	6.91	6.78	6.65	6.52
28	7.84	7.65	7.51	7.36	7.19	7.06	6.92	6.79	6.66	6.53	6.40
29	7.69	7.52	7.38	7.23	7.08	6.95	6.82	6.68	6.55	6.42	6.29
30	7.56	7.39	7.25	7.12	6.96	6.83	6.70	6.58	6.45	6.32	6.19

Credits for Illustrative Material

CHAPTER 1

Figure 1 R. Y. Stanier, M. Doudoroff, and E. A. Adelberg, *The Microbial World*, 2nd ed., copyright 1957, 1963. Adapted and reprinted by permission of Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Figure 2 Adapted from A. Kawai, Y. Yoshida, and M. Kinata (1964). Reprinted by permission of A. Kawai, Kyoto University, Kyoto, Japan.

Table 1 Courtesy Gardner-Denver, Quincy, Illinois.

CHAPTER 2

Figure 6 Courtesy Paragon Swimming Pool Company, Inc., Pleasantville, New York.

Figure 7 Courtesy BIF, a unit of General Signal Corp., Providence, Rhode Island.

Figure 8 Courtesy Keene Corp., Fluid Handling Div., Cookeville, Tennessee.

Figure 9 Adapted by courtesy of Johns-Manville Products Corp., New York, New York.

Figure 10 Adapted by courtesy of T. Shriver & Company, Inc., Harrison, New Jersey.

Figure 11 Courtesy Johns-Manville Products Corp.

Figure 12 Adapted by courtesy of Johns-Manville Products Corp.

Figure 13 Courtesy Johns-Manville Products Corp.

CHAPTER 3

Figure 14 Adapted by courtesy of Barney-Cheney, Columbus, Ohio.

Table 2 Adapted from J. D. Parkhurst, F. D. Dryden, G. N. McDermott, and J. English, "Pomona Activated Carbon Pilot Plant," *J. Water Pollution Control Federation*, 39, R70 (1967).

Figure 18 Adapted from J. D. Parkhurst, F. D. Dryden, G. N. McDermott, and J. English, "Pomona Activated Carbon Pilot Plant," *J. Water Pollution Control Federation*, 39, R70 (1967).

Figure 19 From R. Eliassen, B. M. Wyckoff, and D. C. Tonkin (1965). Reprinted from the *Journal of the American Water Works Association*, copyright 1965 by the American Water Works Association, Inc., 2 Park Avenue, New York, New York 10016.

Figure 20 From R. Eliassen, B. M. Wyckoff, and D. C. Tonkin (1965). Reprinted from the *Journal of the American Water Works Association*, copyright 1965 by the American Water Works Association, Inc., 2 Park Avenue, New York, New York 10016.

Figure 21 From R. Eliassen, B. M. Wyckoff, and D. C. Tonkin (1965). Reprinted from the *Journal of the American Water Works Association*, copyright 1965 by the American Water Works Association, Inc., 2 Park Avenue, New York, New York 10016.

Table 3 Adapted from E. Rubin, R. Everett, Jr., J. J. Weinstock, and H. M. Schoen (1963). Contaminant removal from sewage plant effluents by foaming. PHS Publ. No. 999-WF-5. 56 pp.

Figure 22 Adapted from E. Sander (1967). Reprinted by permission of E. Sander, 3151 Eltze, Am Osterberg, West Germany.

Figure 23 Adapted from E. Sander (1967). Reprinted by permission of E. Sander, 3151 Eltze, Am Osterberg, West Germany.

CHAPTER 4

Table 4 Adapted from J. P. Riley and G. Skirrow, Eds. *Chemical Oceanography*, Vol. 1, copyright 1965 by Academic Press, Inc. Reprinted by permission of Academic Press, Inc., New York, New York.

Table 5 Adapted from J. P. Riley and G. Skirrow, Eds. *Chemical Oceanography*, Vol. 1 copyright 1965 by Academic Press, Inc. Reprinted by permission of Academic Press, Inc., New York, New York.

CHAPTER 5

Table 6 Calculated from data given in C. N. Murray and J. P. Riley (1969).

CHAPTER 6

Table 7 Courtesy G. M. Mfg. and Instrument Corp., Inc., New York, New York.

Table 8 Adapted from H. J. M. Bowen. *Trace Elements in Biochemistry*, copyright 1966 by Academic Press, Inc. Reprinted by permission of Academic Press, Inc., New York, New York.

Table 9 Courtesy Aquarium Systems, Inc., Eastlake, Ohio.

Figure 26 Adapted and reprinted by permission of International Salt Company, Clarks Summit, Pennsylvania.

CHAPTER 7

Figure 27 From K. S. Warren and S. Schenker (1962). Reprinted from the *American Journal of Physiology*, copyright 1962 by the American Physiological Society, Bethesda, Maryland.

Literature Cited

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation
1965 Standard methods for the examination of water and wastewater. 12th ed. American Public Health Association, New York. 769 pp.
- Aquarium Systems, Inc.
1968 Aquarium water chemistry manual. Aquarium Systems, Eastlake, Ohio. 16 pp.
- Arnon, D. I., and P. R. Stout
1939 The essentiality of certain elements in minute quantity for plants, with special reference to copper. *Plant Physiol.*, 14: 371-375.
- Atz, J. W.
1964a Some principles and practices of water management for marine aquariums. In Sea-water systems for experimental aquariums: a collection of papers, J. R. Clark and R. L. Clark (eds.). U. S. Dept. of the Interior, Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Res. Rept. 63. 192 pp.
- Atz, J. W.
1964b Self-inhibition by captive fishes through the water in which they live. *Aquasphere* (Boston), 2: 11-13.
- Barber, R. T.
1966 Interaction of bubbles and bacteria in the formation of organic aggregates in sea water. *Nature*, 211: 257-258.
- Basu, S. P.
1959 Active respiration of fish in relation to ambient concentrations of oxygen and carbon dioxide. *J. Fish. Res. Board Can.*, 16: 175-212.
- Baylor, E. R., and W. H. Sutcliffe
1963 Dissolved organic matter in seawater as a source of particulate food. *Limnol. Oceanog.*, 8: 369-371.
- Bean, E. L.
1959 Ozone production and costs. In Ozone chemistry and technology. *Advan. in Chem. Ser.*, 21: 465 pp.
- Bedford, R. H.
1933 Marine bacteria of the northern Pacific Ocean. The temperature range of growth. *Contrib. Can. Biol. Fish.*, 7: 433-438.
- Benoit, R. F., and N. A. Matlin
1966 Control of *Saprolegnia* on eggs of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) with ozone. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 95: 430-432.
- Berner, R. A.
1966 Diagenesis of carbonate sediments: interaction of magnesium in sea water with mineral grains. *Science*, 153: 188-191.
- Berner, R. A.
1968 Calcium carbonate concretions formed by the decomposition of organic matter. *Science*, 159: 195-197.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

ΑΛΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

6.1 ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ, ΧΛΩΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

Το θαλασσινό νερό διαφέρει από το γλυκό στο ότι έχει μεγαλύτερη ποσότητα αλάτων. Συνήθεις μετρήσεις στο θαλασσινό νερό είναι η αλατότητα, η χλωριότητα και το ειδικό βάρος. Το υπόλοιπο αυτής της ενότητας αφιερώνεται στον ορισμό των παραπάνω όρων, στις αλληλεπιδράσεις τους δεδομένων των παραγόντων που επηρεάζουν κάθε ένα και στην παρουσίαση των φυσικών τιμών.

Ορισμοί

Η αλατότητα είναι μια μέτρηση των ολικών αλάτων σε μια συγκεκριμένη ποσότητα βάρους του θαλασσινού νερού. Παραδοσιακά ορίζεται σαν το ολικό ποσό του στερεού υλικού, σε γραμμάρια, που περιέχεται σε ένα κιλό θαλασσινού νερού όταν όλα τα ανθρακικά έχουν μετατραπεί σε οξείδια, τα βρωμιούχα και ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και όλα η οργανική ύλη έχει οξειδωθεί πλήρως. Η αλατότητα, εξ ορισμού, εκφράζεται σαν γραμμάρια ανά κιλό ή ποσοστό επι τοις χιλίοις (%). Αλατότητα 34 γράφεται 34‰. Μερικές φορές η αλατότητα γράφεται 34 S‰ ώστε να μην μπερδεύεται με τη χλωριότητα. (Μερικές φορές εκφράζεται σαν "επι τοις εκατό άλας" και σ' αυτή την περίπτωση η υποδιαστολή μετατοπίζεται μια θέση προς τα αριστερά. Αλατότητα 34‰ θα ήταν ισοδύναμη με 3.4 %).

Η χλωριότητα είναι μια μέτρηση των ολικών αλογονιδίων σε δεδομένο βάρος νερού και ορίζεται σαν τη μάζα σε γραμμάρια καθαρού αργύρου που είναι απαραίτητος για την καθίζηση των αλογόνων σε 328.523 g θαλασσινού νερού. Η χλωριότητα εκφράζεται, επίσης, σαν ποσοστό επί τοις χιλίοις. Μια μονάδα χλωριότητας μπορεί να γραφεί είτε σαν 19‰ ή σαν 19 Cl‰.

Το ειδικό βάρος είναι η αναλογία μεταξύ του βάρους ενός δεδομένου όγκου θαλασσινού νερού και του βάρους ίσου όγκου απεσταγμένου νερού στους 4 C κάτω από πίεση μιας ατμόσφαιρας. Όταν η θερμοκρασία δείγματος του θαλασσινού νερού

εκφράζεται σε σχέση με το ειδικό βάρος τότε χρησιμοποιείται το σύμβολο σ_t , όπου το σ αντιπροσωπεύει το ειδικό βάρος και t αντιπροσωπεύει τη θερμοκρασία. Ειδικό βάρος 1.024 στους 20 °C μπορεί να γραφεί $\sigma_t = 24.02$.

Σχετιζόμενοι Παράγοντες

Το ειδικό βάρος είναι μια μέτρηση της πυκνότητας του θαλασσινού νερού, ενώ η αλατότητα και η κλωριότητα είναι μια σχέση βάρους. Το ειδικό βάρος του θαλασσινού νερού μπορεί να υπολογιστεί αν είναι γνωστή η θερμοκρασία, η αλατότητα και η πίεση. Η αλατότητα και η κλωριότητα είναι ανεξάρτητες της θερμοκρασίας. Υπολογισμοί της αλατότητας και του ειδικού βάρους μπορούν να γίνουν με αλατόμετρα και υδατόμετρα, αντίστοιχα. Ακριβείς προσδιορισμοί της αλατότητας υπολογίζονται από την κλωριότητα, όπως φαίνεται στη εξίσωση 16.

$$\text{Αλατότητα} = 0.03 + 1.085 \times \text{κλωριότητα}$$

(16)

Οι σχέσεις της αλατότητας, του ειδικού βάρους και της θερμοκρασίας φαίνονται στον Πιν. 7.

Φυσιολογικές Τιμές

Οι κανονική κλωριότητα του θαλασσινού νερού θεωρείται ότι είναι 19‰, το οποίο θεωρείται ότι ισοδυναμεί με αλατότητα 34.325‰. Ωστόσο, η τιμή 35‰ έχει υιοθετηθεί σαν κανονική τιμή αλατότητας από τους ωκεανολόγους. Το ειδικό βάρος θεωρείται ότι είναι 1.024 σε αλατότητα 34‰ και θερμοκρασία 20 °C.

6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΛΗΨΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

Η ιονική σύσταση του νερού καλλιέργειας παίζει ζωτικό ρόλο στις μεταβολικές διαδικασίες των υδρόβιων οργανισμών. Ο Bowen (1966) δίνει ένα κατάλογο των κύριων κυτταρικών λειτουργιών των στοιχείων σαν ηλεκτροχημικά, καταλυτικά και δομικά. Τα στοιχεία λειτουργούν ηλεκτροχημικά όταν εξυπηρετούν κάποιες διαδικασίες σαν πηγές μεταβολικής ενέργειας. Είναι πολύ πιθανό ότι όλα τα απαραίτητα στοιχεία λειτουργούν σαν ενεργοποιητές ενζύμων και βοηθούν στη ρύθμιση των ρυθμών των μεταβολικών αντιδράσεων. Από αυτή την άποψη, επιδεικνύουν καταλυτικές ιδιότητες και λειτουργίες. Πολλά στοιχεία είναι απαραίτητα στη σύνθεση ουσιών, όπως είναι οι

πρωτεΐνες και τα αμινοξέα. Εδώ η λειτουργία τους είναι δομική και τα στοιχεία είναι απαραίτητα συστατικά των τελικών προϊόντων.

Τα περισσότερα, αν όχι όλα, από τα γνωστά στοιχεία έχουν βρεθεί στο θαλασσινό νερό. Πολλά από αυτά δεν έχουν μετρήσιμα αποτελέσματα και πιθανόν να μην είναι απαραίτητα. Οι Arnout και Stout (1939) δίνουν ένα κατάλογο που καθορίζει αν ένα δεδομένο στοιχείο X είναι απαραίτητο:

1. Ο οργανισμός δεν μπορεί να αναπτυχθεί ή να ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής του αν το στοιχείο X δεν είναι διαθέσιμο.
2. Το X δεν μπορεί να αντικατασταθεί πλήρως από κάποιο άλλο στοιχείο.
3. Το X επηρεάζει άμεσα τις μεταβολικές λειτουργίες του οργανισμού.

Τα στοιχεία εισέρχονται στα ζώα με δύο μηχανισμούς: απλή διάχυση και ενεργητική πρόσληψη. Η *διάχυση*, στην οποία ένα ιόν μετακινείται από μια μεγαλύτερη συγκέντρωση, στο νερό, προς το περισσότερο αραιό κυτταρικό περιεχόμενο, δεν χρειάζεται εξήγηση. Η *ενεργητική πρόσληψη* είναι η επιλεκτική εξαγωγή του στοιχείου από το νερό, ενάντια στην κλίση συγκέντρωσης. Είναι στενά συνδεδεμένη με τη θερμοκρασία και μια αύξηση 10 °C αυξάνει την προσρόφηση 100% (Bowen, 1966). Επίσης εξαρτάται από το διαθέσιμο οξυγόνο. Όταν αναστέλεται η αναπνοή, τότε αναστέλεται και η πρόσληψη αυτών των στοιχείων από το μέσο.

6.3 ΤΟΞΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η Σπουδαιότητα ενός Ισορροπημένου Μέσου Καλλιέργειας

Με λίγες εξαιρέσεις, τα καθαρά διαλύματα αλάτων είναι τοξικά στους υδρόβιους οργανισμούς. Τα στοιχεία στο θαλασσινό νερό έχουν θρεπτικές και υποστηρικτικές της ζωής ιδιότητες, μόνο όταν βρίσκονται σε ισορροπημένους συνδυασμούς, στους οποίους ο ιονικός ανταγωνισμός ακυρώνει το δηλητηριώδες αποτέλεσμα καθενός στοιχείου ξεχωριστά. Τα πολυσθενή ιόντα είναι πολύ πιο εύκολο να προσροφηθούν από τα δι- και μονοσθενή ιόντα. Αυτό ισχύει τόσο για τα ανιόντα όσο και για τα κατιόντα. Ανταγωνισμός για θέσεις προσρόφησης μέσα στο κύτταρο υπάρχει για στοιχεία που έχουν ίδιες ιδιότητες. Σύμφωνα με τον Bowen (1966),

...Πραγματικός ανταγωνισμός υπάρχει μεταξύ όμοιων ιόντων όπως το κάλιο και το ρουμπίδιο ή το ασβέστιο και το στρόντιο. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, περίσσεια του ενός ιόντος, στο μέσο, καταστέλλει την ενεργητική πρόσληψη του άλλου.

Τα στοιχεία του θαλασσινού νερού δίνονται στον Πιν. 8.

Τοξικά αποτελέσματα των Βαρέων Μετάλλων

Τα βάρεια μέταλλα (Pb, Hg, Cu και Zn) υπάρχουν στο νερό σε ίχνη. Παρόλα αυτά, όλα είναι τοξικά για τους υδρόβιους οργανισμούς σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, ακόμη και αν αυτές είναι ουσιαστικά πολύ χαμηλές. Πολλά είναι θανατηφόρα σε ποσότητες μικρότερες του 1 ppm.

Ο ψευδάργυρος (Zn) απαιτείται, στις κανονικές ποσότητες, για διάφορες ενζυματικές λειτουργίες και είναι παρόν σε πολλές πρωτεΐνες σαν δομικό στοιχείο τους. Ο χαλκός (Cu) επίσης βρίσκεται σε διάφορα ένζυμα και υπάρχει σαν αναπνευστική χρωστική στις πρωτεΐνες του αίματος, σε πολλά ασπόνδυλα.

Ο ψευδάργυρος και ο χαλκός χρησιμοποιούνται για την θεραπεία των μολύνσεων που προκαλούνται στα ψάρια, ειδικά στα θαλάσσια είδη, όπου τα τοξικά αποτελέσματα των μετάλλων ελαττώνονται μετά την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος από την καθίζησή τους με ανθρακικό ασβέστιο. Και τα δύο, προκαλούν την έκκριση περίσσειας βλέννας στα ψάρια. Αυτή αποβάλλεται, στο νερό, μαζί με τις εγκυστομένες μορφές των παρασίτων. Πιστεύεται ότι μερικές φάσεις των παρασίτων, όπως είναι το *Cryptocaryon* (περιγράφηκε από τους Nigrelli & Ruggieri, 1966) είναι πιο ευαίσθητες στη δηλητηρίαση από βάρεια μέταλλα και έτσι μια θεραπεία με ψευδάργυρο ή φωσφόρο σκοτώνει αυτούς τους οργανισμούς πριν αυτοί επιτεθούν στον ξενιστή.

Όλες οι αποδείξεις δηλώνουν ότι η θεραπεία των ψαριών με βάρεια μέταλλα είναι μια επικίνδυνη πρακτική με αμφίβολη θεραπευτική αξία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα, στον ξενιστή, υποσκελίζουν οποιοδήποτε κέρδος από τον θάνατο των παρασίτων. Αυτό αληθεύει για διάφορους λόγους. Πρώτον, κανείς δεν έχει προσδιορίσει ακριβώς τα θανατηφόρα επίπεδα των βαρέων μετάλλων, σε οποιοδήποτε είδος θαλασσιού ψαριού. Χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο θεραπείας σε ένα μικτό σύστημα καλλιέργειας είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο, εφόσον τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα και ακόμη επίσης τα θανατηφόρα επίπεδα κάθε είδους είναι γνωστό ότι διαφέρουν πολύ. Επιπλέον, κανείς δεν έχει δείξει τα αποτελέσματα, κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες, ενός βαρέως μετάλλου σε κάθε στάδιο του κύκλου ζωής κάποιου παρασιτικού οργανισμού. Με λίγα λόγια, η θεραπεία μπορεί να είναι πολύ πιο βλαβερή για τον ξενιστή από ότι για τα παράσιτα.

Μια μεγάλη συσσώρευση αιωρούμενων υλικών στην επιφάνεια της στήλης του φίλτρου, σε συνδυασμό με μια μεγάλη συγκέντρωση οργανικών υλικών στο νερό, καθορίζει τα ανεκτά επίπεδα χαλκού για τους μικροοργανισμούς και τα καλλιεργούμενα ζώα. Υπάρχουν αποδείξεις ότι τα οργανικά που υπάρχουν στο βούρκο συνδιάζονται με τον χαλκό και ελαττώνουν την τοξικότητά του για τα βακτήρια νιτροποίησης (Tomlinson *et al.*, 1966). Ο σχηματισμός κηλικών ενώσεων, προφανώς, κάνει το χαλκό λιγότερο τοξικό για τα ψάρια (Doudoroff & Katz, 1953). Ο Fitzgerald (1963) έδειξε ότι η δημιουργία κηλικών ενώσεων του θειικού χαλκού με κιτρικό οξύ, σε νερό λίμνης, έκανε 500 φορές λιγότερο τοξικό το θειικό χαλκό για τους φοξίνους (minnows). Η κηλοποίηση επέτρεπε στο 90% του χαλκού να παραμείνει διαλυμένος σε τιμές pH 6 και 8.5.

Οι κηλικές ενώσεις του χαλκού χρησιμοποιούνται συχνά για τις θεραπείες σε θαλάσσια συστήματα, όταν είναι επιθυμητά παρατεταμένα επίπεδα διαλυμένων ουσιών. Ωστόσο, πολλά βακτήρια είναι ανθεκτικά στο χαλκό στα επίπεδα πρόληψης και σταδιακά αποσυνθέτουν τις οργανικές κηλικές ενώσεις. Αυτό τελικά επιτρέπει στα ιόντα του χαλκού να συντεθούν με τα ανθρακικά και να καθιζήσουν. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι σε κανένα από τα δημοσιευμένα επίπεδα δόσεων, που χρησιμοποιούνται για θεραπείες σε θαλάσσια συστήματα, δεν λαμβάνονται υπόψη τα οργανικά σαν πιθανοί παράγοντες μεταβολής της τοξικότητας του χαλκού. Η κηλοποίηση, όπως είδαμε, ελαττώνει την τοξικότητα του χαλκού για τα ψάρια. Προφανώς, έχει παρόμοια αποτελέσματα και στα παράσιτα.

Οι μηχανισμοί δηλητηρίασης των ψαριών από τα βαρέα μέταλλα είναι πολύ καλά γνωστοί. Ο χαλκός δρα σχηματίζοντας αδιάλυτες οργανομεταλλικές ενώσεις στα βράγχια των ψαριών. Ο Ellis (1937) πίστευε ότι η περισσότερη ζημιά προερχόταν από τη χημική τροποποίηση των πρωτεϊνών μέσα στα βράγχια. Οι White & Thomas (1912) έδειξαν ότι ο χαλκός συσσωρεύεται στο αίμα και τους ιστούς των θαλάσσιων ψαριών. Ο Jones (1938, 1939) σημείωσε αυξημένους ρυθμούς αναπνοής στα sticklebacks που είχαν εμβαπτιστεί σε διάλυμα $Pb(NO_3)_2$, $ZnSO_4$ και $HgCl_2$. Αυτό συνοδευόταν από μια πτώση στο ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου, δείχνοντας παρεμβολή στην κανονική αναπνοή. Αυξημένοι ρυθμοί αναπνοής είναι επίσης συχνή παρατήρηση σε ψάρια που έχουν υποστεί θεραπεία χαλκού.

Τα βαρέα μέταλλα καθιζάνουν και συσσωματώνουν τη βλέννα στα νημάτια των βραγχίων. Αυτό αναστέλλει την πρόσληψη του οξυγόνου ελαττώνοντας τη διαθέσιμη επιφάνεια. Όταν ο ρυθμός ανακύκλωσης είναι χαμηλός υπάρχει κίνδυνος αυξημένης τοξικότητας, όταν ο ρυθμός ανακύκλωσης είναι χαμηλός. Τα χρυσόψαρα είναι πολύ πιο ευαίσθητα στη δηλητηρίαση από νιτρικό μόλυβδο στο νερό όταν η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι χαμηλή (Westfall, 1945).

Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Δηλητηρίαση λόγω Βαρέων Μετάλλων

Η τοξικότητα των βαρέων μετάλλων, στο νερό καλλιέργειας, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες: Το pH, το διαλυμένο οξυγόνο, τη θερμοκρασία, τον όγκο του διαλύματος σε σχέση με τον όγκο των ψαριών, τη συχνότητα ανανέωσης και τη συνεργητικότητα με άλλες ουσίες του διαλύματος. Ο έβδομος παράγοντας - τα επίπεδα των οργανικών - έχουν συζητηθεί.

Το pH του νερού μπορεί να είναι ο κυριότερος παράγοντας. Τα γλυκά νερά είναι λιγότερο αυτορυθμιζόμενα, από ότι το θαλασσινό νερό, και αυτό εξηγεί το πολλαπλάσιο αποτέλεσμα της τοξικότητας των βαρέων μετάλλων, που συχνά παρατηρείται μετά από προσθήκη τους σε συστήματα γλυκών νερών. Από το 1915 ο Thomas παρατήρησε ότι τα βαρέα μέταλλα ήταν πολύ περισσότερο τοξικά σε απεσταγμένο και μαλακό νερό από ότι στο σκληρό. Αυτό επίσης έχει επιβεβαιωθεί από πολλούς ερευνητές.

Συχνά θεωρείται ότι η καθίζηση του χαλκού, σε αλκαλικά νερά, τον καθιστά μόνιμα ακίνδυνο στους υδρόβιους οργανισμούς. Αυτό μπορεί να μην είναι αλήθεια, όπως έδειξαν οι Doudoroff και Katz (1953). Εως τότε που έκαναν την έρευνά τους, δεν υπήρχαν αποδείξεις ότι ψάρια ευαίσθητα στο χαλκό, όπως η πέστροφα, μπορούσαν να ζήσουν απεριόριστα σε νερά όπου μόνο ίζημα χαλκού ήταν παρόν. Ακόμη δεν υπάρχουν τέτοιες αποδείξεις.

Υψηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου εξαλείφουν τα τοξικά αποτελέσματα του χαλκού, έως ενός σημείου, κάνοντας την αναπνοή ευκολότερη. Ισχυρή ανάδευση της επιφάνειας επίσης εμποδίζει τη συσσώρευση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο θα μπορούσε να μειώσει το pH και έτσι να διατηρήσει διαλυμένο το χαλκό.

Αυξημένη θερμοκρασία αυξάνει την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων για τα ψάρια.

Ο Carpenter (1927, 1930) έδειξε ότι η τοξικότητα των αλάτων του μόλυβδου μπορεί να ελαττωθεί με την ελάττωση του ποσού του νερού και την αύξηση του μεγέθους των ψαριών. Το συμπέρασμά του ήταν ότι ο μόλυβδος αποτοξικοποιείται λόγω της κατακρίμνισής του με την βλέννα των ψαριών.

Η συχνότητα ανανέωσης του θαλασσινού νερού είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων. Όταν το νερό δεν ανανεώνεται καθόλου, τα ψάρια μπορούν να το αποτοξικοποιήσουν μερικώς μέσω της κατακρίμνισης των ιόντων των μετάλλων με βλέννα.

Συνεργητικά αποτελέσματα μεταξύ δυο βαρέων μετάλλων και μεταξύ ενός βαρέος μετάλλου και άλλων ουσιών έχουν αναφερθεί από τον Doudoroff (1952). Αυτός βρήκε ότι ο συνδιασμός χαλκού-ψευδαργύρου είναι μερικές φορές πιο τοξικός από τον χαλκό ή τον ψευδάργυρο, χωριστά. Αυτό επιβεβαιώθηκε από τους Lloyd και Herbert (1962). Οι Herrbert και VanDyke (1964) μελέτησαν τα συνεργητικά αποτελέσματα χαλκού και αμμωνίας. Σημείωσαν ότι ο χαλκός έχει μεγαλύτερη συγγένεια με την αμμωνία,

σχηματίζοντας ιόντα χαλκαμμωνίου εκ των οποίων κυριαρχούν τα $\text{Cu}(\text{NH}_3)_3^{2+}$. Το συμπέρασμά τους ήταν ότι το χαλκαμμώνιο ήταν, προφανώς, ανάλογο σε τοξικότητα του χαλκού.

6.4 ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ

Πολλές μάρκες συνθετικού (τεχνητού) νερού είναι διαθέσιμες στην αγορά. Αυτές οι οποίες δεν έχουν ιχνοστοιχεία ή περιέχουν τα απαραίτητα στοιχεία σε αφύσικες αναλογίες είναι ακατάλληλες. Τα φυσικά θαλασσινά άλατα τα οποία έχουν αφυδατωθεί δεν έχουν πλέον τις ίδιες ιδιότητες όσον αφορά στη ζωή (Atz, 1964a). Το πιο σημαντικό σημείο είναι το εξής: αν το μέσο περιέχει απαραίτητα στοιχεία σε αναλογίες που πλησιάζουν αυτές του θαλασσινού νερού, τότε μικρές διακυμάνσεις μεταξύ των διαφόρων παρασκευασμάτων (μαρκών) είναι δευτερεύουσες όσον αφορά στον τρόπο με τον οποίο πρέπει να χρησιμοποιούνται. Ακόμη και το θαλασσινό νερό δεν είναι αρκετά κατάλληλο αν δεν έχει φιλτραριστεί και αποθηκευτεί κατάλληλα. Ένα προϊόν - το Instant Ocean Sea Salts - έχει αποδειχθεί ικανοποιητικό κάτω από μια ποικιλία συνθηκών. Η αναλογία των αλάτων σε αυτό το μείγμα δίνεται στον Πιν. 9 και πλησιάζει την αναλογία του θαλασσινού νερού.

Όταν αναμιγνύονται μικροί όγκοι θαλασσινού νερού είναι σημαντικό να ακολουθούμε ακριβώς τις αναλογίες του κατασκευαστή. Καθαρά δοχεία φτιαγμένα από αδρανή υλικά πρέπει να χρησιμοποιούνται για την ανάμειξη - για παράδειγμα διαθέσιμες δεξαμενές ενυδρίων, πολυεθυλενικά κάνιστρα ή πλαστικά δοχεία απορριμάτων. Η Aquarium Systems, Inc. κατασκεύασε ένα ειδικό δοχείο fiber-glass το οποίο χωράει εκατό γαλόνια. Αυτή η συσκευή είναι εξοπλισμένη με μια αντλία για τη μεταφορά του έτοιμου διαλύματος στο σύστημα καλλιέργειας. Τα περισσότερα εγχώρια προϊόντα έχουν υποστεί ενυδάτωση με νερό ύδρευσης μετρημένο σε U.S. γαλόνια. Επίσης είναι απαραίτητη μια συσκευή ακριβής μέτρησης των γαλονιών.

Όλα τα συνθετικά μίγματα που έχουν ρυθμιστικές ουσίες σε αναλογίες παρόμοιες με αυτές του φυσικού νερού, πρέπει να αερίζονται, σχετικά, ώστε να σταθεροποιείται το pH, 48 ώρες πριν τη χρησιμοποίησή τους. Όταν τα διαλύματα είναι έτοιμα πρέπει να καλύπτονται ώστε να αποφεύγεται η συγκέντρωση των αλάτων λόγω εξάτμισης.

Εργοστασιακά μίγματα συνήθως ενυδατώνονται σε ένα και μόνο βήμα. Ωστόσο, μεγάλοι όγκοι συνθετικού θαλασσινού νερού πρέπει να αναμιγνύονται σε στάδια, επιτρέποντας σε κάθε ομάδα αλάτων να αναμιγνύεται για 24 ώρες πριν την προσθήκη της επόμενης σειράς. Τα κύρια άλατα αναμιγνύονται με διάλυση ενός άλατος κάθε φορά, σε μεγάλους όγκους. Η ενυδάτωση των αλάτων είναι ευκολότερη αν η δεξαμενή ανάμιξης γεμίζεται με νερό δικτύου ενώ προσθέτονται τα κύρια άλατα. Τα ιχνοστοιχεία

και τα υπόλοιπα άλατα πρέπει να προστίθενται σ' αυτό το σημείο, επειδή μπορεί να καθιζάνουν εξαιτίας της υψηλής αρχικής συγκέντρωσης των κυρίων αλάτων. Στην πραγματικότητα, η καλύτερη λύση είναι να μην προστίθενται τα υπόλοιπα μέχρι το ειδικό βάρος (με μόνο τα κύρια άλατα) να έχει προσαρμοσθεί στο 1.025 και το νερό στη δεξαμενή έχει ανακυκλωθεί για 24 ώρες.

Το υπόλοιπο αυτής της ενότητας περιγράφει τεχνικές ανάμιξης 8000 γαλονιών κάθε φορά. Ο συνδιασμένος τύπος που δίνεται στους Πιν. 10-12 είναι μια ελαφρώς τροποποιημένη έκδοση της αρχικής φόρμουλας που πρωτοπεριγράφηκε από τους Segedi και Kelley (1964). Έχει αποδειχθεί κατάλληλη για μεγάλης κλίμακας καλλιέργειες, ενός ευρέως φάσματος θαλάσσιων ψαριών και ασπόνδυλων. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι η αρχική φόρμουλα δεν είναι τόσο μοντέρνα όσο αυτή που χρησιμοποιείται από την Aquarium Systems, Inc. (Πιν. 9). Το τελευταίο μίγμα είναι πιθανά καλλίτερο για την καλλιέργεια λαρβών καθώς και για επιστημονική έρευνα.

Όταν αναμιγνύονται μεγάλοι όγκοι συνθετικού θαλασσινού νερού, δεν μετρούνται τα πραγματικά γαλόνια, όπως όταν αναμιγνύονται μικροί όγκοι. Τα κύρια συστατικά προστίθενται ένα κάθε φορά ενώ η δεξαμενή γεμίζεται με νερό βρύσης. Οι ποσότητες κάθε άλατος είναι αρκετές για 8000 γαλόνια τροποποιημένου Instant Ocean Sea Salts με ειδικό βάρος 1.025 σε θερμοκρασία 20 °C. Αν χρειάζομαστε ένα πιο αραιωμένο διάλυμα, τότε πρέπει να προστίθεται περισσότερο νερό, από το ποσό που απαιτείται για την επίτευξη ειδικού βάρους 1.025, και το τελικό διάλυμα θα πρέπει να υπερβαίνει κατά λίγο τα 8000 γαλόνια.

Το τροποποιημένο Instant Ocean Sea Salts αναμιγνύεται σε τρία βήματα, με κάθε βήμα να παίρνει μια ολόκληρη μέρα ώστε να είναι σίγουρη η ανάμιξη και η ενυδάτωση των κύριων αλάτων. Τα κύρια άλατα αναμιγνύονται την πρώτη μέρα, τα δευτερεύοντα τη δεύτερη και τα ιχνοστοιχεία την τρίτη. Κατά την τέταρτη ημέρα όλα τα συστατικά πρέπει να έχουν κατανεμηθεί ομοιόμορφα στο διάλυμα, η θερμοκρασία κατεβαίνει στο επιθυμητό επίπεδο και το pH σταθεροποιείται στα 8.3. Τότε, πρέπει να γίνουν δευτερεύουσες ρυθμίσεις του ειδικού βάρους και την επόμενη ημέρα το διάλυμα είναι έτοιμο προς χρήση.

Ανάμιξη των Συστατικών

Τα κύρια συστατικά πρέπει να είναι καθαρά άλατα, πακεταρισμένα σε πλαστικούς σάκκους. Οι σάκκοι των 100 λιβρών είναι εύκολοι στους χειρισμούς τους και έχουν συμφέρουσες τιμές. Το νερό στις δεξαμενές ανάμιξης πρέπει να αερίζεται, με μεγάλα συστήματα αερισμού (αντλίες υποπίεσης αέρα - airlifts), πράγμα που κάνει μη απαραίτητη μια μηχανική αντλία ανακύκλωσης. Ένα κατάλληλο σύστημα αερισμού για μια δεξαμενή ανάδευσης αποτελείται από ένα μακρύ σωλήνα PVC με μια τρύπα στο ένα

άκρο. Το μέγεθος της τρύπας πρέπει να είναι τόσο ώστε να χωράει ακριβώς μια γραμμή αέρα (3/8 της ίντσας). Δεν χρειάζεται καμιά συσκευή διάχυσης του αέρα εφόσον σκοπός του είναι απλά να κρατά το νερό σε κίνηση κατά τη διάρκεια της προσθήκης των υλικών. Ένα βάρος 2 λιβρών βοηθάει στη συγκράτησή του στη σωστή θέση.

Η δεξαμενή ανάμιξης πρέπει να έχει ζεστό και κρύο τρεχούμενο νερό. Όταν αναμιγνύονται τα άλατα, το κάθε συστατικό πρέπει πρώτα να διαλύεται σε ένα χωριστό δοχείο και κατόπιν το συγκεντρωμένο διάλυμα πρέπει να χύνεται στα άκρα της δεξαμενής ανάμιξης. Μερικά άλατα μπορούν να καθιζάνουν και μερικά άλλα μπορούν να συγκεντρώνονται στις γωνιές αδιάλυτα, αν τα ξηρά συστατικά τους ρίχνονται απευθείας στη δεξαμενή. Νερό ύδρευσης μπορεί να προστίθεται στη δεξαμενή από ένα λάστιχο. Στο άκρο του λάστιχου πρέπει να υπάρχει ένα βάρος ώστε να το κρατά μέσα στο νερό. Αν το νερό προστίθεται πολύ γρήγορα τα άλατα μπορεί να μην έχουν χρόνο να διαλυθούν καλά. Πρέπει να υπάρχει επίσης ένα θερμόμετρο στο σημείο ανάμιξης του ζεστού και του κρύου νερού, για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας. Η Εικ. 25 δείχνει μια διάταξη της δεξαμενής ανάδευσης, του airlift, του λάστιχου και του δοχείου διάλυσης.

Εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν 8000 γαλιόνια ή περισσότερο ανά μήνα μπορούν να βρουν πιο εύκολο να προσθέτουν το κλωριούχο νάτριο σε υγρή από ότι σε στερεή κρυσταλλική μορφή. Αυτό μπορεί να γίνει με μια συσκευή αυτόματης διάλυσης που αναπτύχθηκε και πωλείται από την International Salt Company, Inc. Το κλωριούχο νάτριο είναι το κύριο συστατικό του θαλασσινού νερού. Είναι ακριβό και δύσκολο στους χειρισμούς όταν αγοράζεται σε πακεταρισμένες παρτίδες. Μεγάλες ποσότητες αλατιού είναι φθηνότερες και εύκολες στους χειρισμούς δεδομένου ότι υπάρχει ο απαραίτητος εξοπλισμός. Η υγρή άλμη μπορεί πολύ εύκολα να αντληθεί σε οποιοδήποτε μέρος της εγκατάστασης, ενώ η μετακίνηση των σάκκων είναι ασύμφωνη. Επίσης προσθέτοντας κλωριούχο νάτριο σαν άλμη, στο συνθετικό νερό, είναι πιο ακριβές και αποτελεσματικό από το να διαλυθεί το στερεό αλάτι.

Μια διαγραμματική απεικόνιση ενός αυτόματου διαλυτή, του Sterling Brinomat, δείχνεται στην Εικ. 26. Ένας μεγάλος όγκος αλατιού τοποθετείται στο συλλέκτη. Ο συλλέκτης ξαναγεμίζεται με τη βοήθεια ενός κυλιόμενου διαδρόμου που φθάνει έξω από το εργοστάσιο, σε μια ράμπα φόρτωσης. Το νερό ύδρευσης μπαίνει στο Brinomat κυλώντας στο χαμηλότερο μέρος της δεξαμενής του αλατιού. Καθώς το νερό κινείται προς τα κάτω, σχηματίζει ένα διάλυμα άλμης αυξανόμενης πυκνότητας. Ακριβώς πάνω από τον πυθμένα φθάνει τα όρια του πλήρους κορεσμού. Το διαλυμένο άλας αντικαθίσταται αυτόματα από ξηρό αλάτι από το συλλέκτη. Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η άλμη γίνεται κορεσμένη πριν φτάσει τον πυθμένα. Το χαμηλότερο μέρος της στήλης δεν διαλύεται ποτέ και δρά σαν ένα μηχανικό φίλτρο που απομακρύνει αδιάλυτα υλικά από την εξερχόμενη άλμη. Καθώς η άλμη απομακρύνεται από το

Brinomat και μεταφέρεται στη δεξαμενή ανάμιξης, μια βαλβίδα ασφαλείας ανοίγει αυτόματα τη γραμμή ύδρευσης και έτσι συνεχίζεται αυτόματα ο σχηματισμός της άλμης. Σε θαλάσσια συστήματα καλλιέργειας το Brinomat πρέπει να είναι εξοπλισμένο με ένα ακριβές όργανο μέτρησης της ροής, ώστε να μετρούνται τα γαλιόνια της άλμης. Τα υδρόμετρα από ορείχαλκο είναι προτιμητέα αφού είναι ανθεκτικά στη διάβρωση. Τα ελάχιστα ποσά χαλκού που μπορεί να διαφύγουν από το υδρόμετρο είναι ασήμαντα. Εξάλλου, το νερό ύδρευσης που χρησιμοποιείται για τη διάλυση, έχει περάσει από πάρα πολλά μέτρα χάλκινων σωλήνων πριν χρησιμοποιηθεί. Μπρούντζινες, πλαστικές ή ανοξείδωτες αντλίες συνιστούνται για την άντληση της άλμης ή του θαλασσινού νερού.

Διαδικασία Ανάμιξης των Κύριων Συστατικών

Οι ποσότητες των κύριων αλάτων, που απαιτούνται για την παραγωγή 8000 γαλονιών, δίνονται στον Πιν. 10. Το κλωριούχο νάτριο, αν προστεθεί από ένα Brinomat, είναι συνήθως σε κορεσμό και το σωστό ποσό είναι 706 γαλιόνια. Ωστόσο, το ειδικό βάρος του προϊόντος του Brinomat θα ποικίλει αν ο συλλέκτης δεν διατηρείται γεμάτος. Τα απαραίτητα γαλιόνια άλμης για διαφορετικά ειδικά βάρη δίνονται στον Πιν. 13.

1. Βεβαιωθείτε ότι η δεξαμενή ανάμιξης είναι καθαρή. Αν δεν είναι, ξύστε τα τοιχώματα και το πάτωμα με μια βούρτσα και ξεπλύνετε το με νερό ύδρευσης. Μην χρησιμοποιήσετε έτοιμα καθαριστικά. Βαμένες περιοχές μπορούν να καθαριστούν χρησιμοποιώντας ένα ισχυρό διάλυμα δισανθρακικού νατρίου και ζεστού νερού και κατόπιν να ξεπλυθούν με άφθονο νερό ύδρευσης.

2. Ανοίξτε την αντλία υποπίεσης αέρα.

3. Τοποθετήστε το άκρο του λάστιχου με ένα βάρος στο δοχείο διάλυσης. Ανοίξτε το νερό και ρυθμίστε τη θερμοκρασία στους 30 °C. Περιμένετε μέχρι το νερό στη δεξαμενή ανάμιξης να φθάσει το ένα πόδι.

4. Ελέγξτε το ειδικό βάρος της άλμης και καθορίστε τον αριθμό των απαιτούμενων γαλονιών.

5. Ζυγίστε ακριβώς τα ποσά των άλλων αλάτων.

6. Ανοίξτε την αντλία και προσθέστε την σωστή ποσότητα άλμης.

7. Προσθέστε τα υπόλοιπα άλατα με τη σειρά που δίνονται στον Πιν. 10. Ακολουθήστε την παρακάτω διαδικασία:

α. Γεμίστε το δοχείο διάλυσης στο μισό με το υπό διάλυση αλάτι και αναδεύστε με μια ράβδο μέχρι να μην έχει μείνει καθόλου αλάτι στο δοχείο διάλυσης.

β. Ξαναγεμίστε το μισό δοχείο διάλυσης και επαναλάβετε το (α) μέχρι να διαλυθούν όλα τα άλατα.

γ. Μετρήσετε τους άδειους σάκκους για να είστε σίγουροι ότι δεν έχει ξεχαστεί κανένα αλάτι.

8. Συνεχίστε να γεμίζεται τη δεξαμενή ανάμιξης μέχρις ότου το επίπεδο του νερού είναι μόλις κάτω από το 1.025 (Όταν θα έχει καθοριστεί το σωστό επίπεδο νερού για ειδικό βάρος 1.025 τότε θα πρέπει να σημειωθεί αυτό το σημείο στο τοίχωμα της δεξαμενής).

Διαδικασία Ανάμιξης των Δευτερευόντων Συστατικών

1. Μια μέρα μετά την ανάμιξη των κύριων αλάτων ζυγίστε τις κατάλληλες ποσότητες των δευτερευόντων αλάτων (Πιν. 11). Συνδιάστε τα άλατα σε ένα μεγάλο δοχείο. Μην προσθέσετε νερό.

2. Σκορπίστε το υγρό μίγμα στην επιφάνεια του νερού στη δεξαμενή ανάμιξης.

3. Χρησιμοποιήστε τα δευτερεύοντα άλατα αμέσως. Αν παραμείνουν στο δοχείο για πάνω από δύο ώρες θα γίνουν αντιδράσεις που θα αλλοιώσουν την χημική κατάσταση των συστατικών.

Διαδικασία Ανάμιξης των Ικνοστοιχείων.

1. Γεμίστε ένα καθαρό πλαστικό δοχείο 5 γαλονιών με μισό γαλόνι απεσταγμένου νερού.

2. Μετρήστε με ακρίβεια τα άλατα του Πιν. 12 και τοποθετήστε τα σε ένα δοχείο, χωριστά. Προσθέστε αρκετό νερό στο κάθε δοχείο ώστε να διαλυθεί το αλάτι. Προσθέστε κάθε διάλυμα στο δοχείο. Ξεπλύνετε κάθε δοχείο με απεσταγμένο νερό και ρίξτε το, επίσης, στο δοχείο.

4. Προσθέστε απεσταγμένο νερό ώστε να φτάσει περίπου στα 12 L. Τοποθετήστε μια πέτρα αέρα στο δοχείο μέχρις ότου να το χρησιμοποιήσετε. Προσθέστε τα ικνοστοιχεία μια μέρα μετά τη διάλυση των δευτερευόντων αλάτων.

Brackish, and Sea Water at 15 C

Density	Salinity	Density	Salinity	Density	Salinity
0.9991	0.0	1.0026	4.5	1.0061	9.0
0.9992	0.0	1.0027	4.6	1.0062	9.2
0.9993	0.1	1.0028	4.7	1.0063	9.3
0.9994	0.3	1.0029	4.8	1.0064	9.4
0.9995	0.4	1.0030	5.0	1.0065	9.6
0.9996	0.5	1.0031	5.1	1.0066	9.7
0.9997	0.7	1.0032	5.2	1.0067	9.8
0.9998	0.8	1.0033	5.4	1.0068	9.9
0.9999	0.9	1.0034	5.5	1.0069	10.1
1.0000	1.1	1.0035	5.6	1.0070	10.2
1.0001	1.2	1.0036	5.8	1.0071	10.3
1.0002	1.3	1.0037	5.9	1.0072	10.5
1.0003	1.4	1.0038	6.0	1.0073	10.6
1.0004	1.6	1.0039	6.2	1.0074	10.7
1.0005	1.7	1.0040	6.3	1.0075	10.8
1.0006	1.8	1.0041	6.4	1.0076	11.0
1.0007	2.0	1.0042	6.6	1.0077	11.1
1.0008	2.1	1.0043	6.7	1.0078	11.2
1.0009	2.2	1.0044	6.8	1.0079	11.4
1.0010	2.4	1.0045	7.0	1.0080	11.5
1.0011	2.5	1.0046	7.1	1.0081	11.6
1.0012	2.6	1.0047	7.2	1.0082	11.8
1.0013	2.8	1.0048	7.3	1.0083	11.9
1.0014	2.9	1.0049	7.5	1.0084	12.0
1.0015	3.0	1.0050	7.6	1.0085	12.2
1.0016	3.2	1.0051	7.7	1.0086	12.3
1.0017	3.3	1.0052	7.9	1.0087	12.4
1.0018	3.4	1.0053	8.0	1.0088	12.6
1.0019	3.5	1.0054	8.1	1.0089	12.7
1.0020	3.7	1.0055	8.2	1.0090	12.8
1.0021	3.8	1.0056	8.4	1.0091	12.9
1.0022	3.9	1.0057	8.5	1.0092	13.1
1.0023	4.1	1.0058	8.6	1.0093	13.2
1.0024	4.2	1.0059	8.8	1.0094	13.3
1.0025	4.3	1.0060	8.9	1.0095	13.5

(continued)

Table 7 (continued)

Density	Salinity	Density	Salinity	Density	Salinity
1.0096	13.6	1.0131	18.2	1.0166	22.7
1.0097	13.7	1.0132	18.3	1.0167	22.9
1.0098	13.9	1.0133	18.4	1.0168	23.0
1.0099	14.0	1.0134	18.6	1.0169	23.1
1.0100	14.1	1.0135	18.7	1.0170	23.3
1.0101	14.2	1.0136	18.8	1.0171	23.4
1.0102	14.4	1.0137	19.0	1.0172	23.5
1.0103	14.5	1.0138	19.1	1.0173	23.7
1.0104	14.6	1.0139	19.2	1.0174	23.8
1.0105	14.8	1.0140	19.4	1.0175	23.9
1.0106	14.9	1.0141	19.5	1.0176	24.0
1.0107	15.0	1.0142	19.6	1.0177	24.2
1.0108	15.2	1.0143	19.7	1.0178	24.3
1.0109	15.3	1.0144	19.9	1.0179	24.4
1.0110	15.4	1.0145	20.0	1.0180	24.6
1.0111	15.6	1.0146	20.1	1.0181	24.7
1.0112	15.7	1.0147	20.3	1.0182	24.8
1.0113	15.8	1.0148	20.4	1.0183	25.0
1.0114	16.0	1.0149	20.5	1.0184	25.1
1.0115	16.1	1.0150	20.6	1.0185	25.2
1.0116	16.2	1.0151	20.8	1.0186	25.4
1.0117	16.3	1.0152	20.9	1.0187	25.5
1.0118	16.5	1.0153	21.0	1.0188	25.6
1.0119	16.6	1.0154	21.2	1.0189	25.8
1.0120	16.7	1.0155	21.3	1.0190	25.9
1.0121	16.9	1.0156	21.4	1.0191	26.0
1.0122	17.0	1.0157	21.6	1.0192	26.1
1.0123	17.1	1.0158	21.7	1.0193	26.3
1.0124	17.3	1.0159	21.8	1.0194	26.4
1.0125	17.4	1.0160	22.0	1.0195	26.5
1.0126	17.5	1.0161	22.1	1.0196	26.7
1.0127	17.6	1.0162	22.2	1.0197	26.8
1.0128	17.8	1.0163	22.4	1.0198	26.9
1.0129	17.9	1.0164	22.5	1.0199	27.1
1.0130	18.0	1.0165	22.6	1.0200	27.2

(continued)

Table 7 (continued)

Density	Salinity	Density	Salinity	Density	Salinity
1.0201	27.3	1.0241	32.5	1.0281	37.7
1.0202	27.4	1.0242	32.7	1.0282	37.9
1.0203	27.6	1.0243	32.8	1.0283	38.0
1.0204	27.7	1.0244	32.9	1.0284	38.1
1.0205	27.8	1.0245	33.0	1.0285	38.2
1.0206	28.0	1.0246	33.2	1.0286	38.4
1.0207	28.1	1.0247	33.3	1.0287	38.5
1.0208	28.2	1.0248	33.4	1.0288	38.6
1.0209	28.4	1.0249	33.6	1.0289	38.8
1.0210	28.5	1.0250	33.7	1.0290	38.9
1.0211	28.6	1.0251	33.8	1.0291	39.0
1.0212	28.8	1.0252	34.0	1.0292	39.2
1.0213	28.9	1.0253	34.1	1.0293	39.3
1.0214	29.0	1.0254	34.2	1.0294	39.4
1.0215	29.1	1.0255	34.4	1.0295	39.6
1.0216	29.3	1.0256	34.5	1.0296	39.7
1.0217	29.4	1.0257	34.6	1.0297	39.8
1.0218	29.5	1.0258	34.7	1.0298	39.9
1.0219	29.7	1.0259	34.9	1.0299	40.1
1.0220	29.8	1.0260	35.0	1.0300	40.2
1.0221	29.9	1.0261	35.1	1.0301	40.3
1.0222	30.0	1.0262	35.3	1.0302	40.4
1.0223	30.2	1.0263	35.4	1.0303	40.6
1.0224	30.3	1.0264	35.5	1.0304	40.7
1.0225	30.4	1.0265	35.6	1.0305	40.8
1.0226	30.6	1.0266	35.8	1.0306	41.0
1.0227	30.7	1.0267	35.9	1.0307	41.1
1.0228	30.8	1.0268	36.0	1.0308	41.2
1.0229	31.0	1.0269	36.2	1.0309	41.4
1.0230	31.1	1.0270	36.3	1.0310	41.5
1.0231	31.2	1.0271	36.4	1.0311	41.6
1.0232	31.4	1.0272	36.6	1.0312	41.8
1.0233	31.5	1.0273	36.7	1.0313	41.9
1.0234	31.6	1.0274	36.8	1.0314	42.0
1.0235	31.8	1.0275	37.0	1.0315	42.1
1.0236	31.9	1.0276	37.1	1.0316	42.3
1.0237	32.0	1.0277	37.2	1.0317	42.4
1.0238	32.1	1.0278	37.3	1.0318	42.5
1.0239	32.3	1.0279	37.5	1.0319	42.7
1.0240	32.4	1.0280	37.6	1.0320	42.8

Table 8. Elements in Sea Water

Element	Chemical form	Amount, ppm
Ag	AgCl ₂ ⁻	0.0003
Al		0.01
Ar	Ar	0.6
As	AsO ₄ H ²⁻	0.003
Au	AuCl ₄ ⁻	0.000011
B	B(OH) ₃	4.6
Ba	Ba ²⁺	0.03
Be		0.0000006
Bi		0.000017
Br	Br ⁻	65
C	CO ₃ H ⁻ , organic C	28
Ca	Ca ²⁺	400
Cd	Cd ²⁺	0.00011
Ce		0.0004
Cl	Cl ⁻	19,000
Co	Co ²⁺	0.00027
Cr		0.00005
Cs	Cs ⁺	0.0005
Cu	Cu ²⁺	0.003
F	F	1.3
Fe	Fe(OH) ₃	0.01
Ga		0.00003
Ge	Ge(OH) ₄	0.00007
H	H ₂ O	108,000
He	He	0.0000069
Hf		<0.000008
Hg	HgCl ₄ ²⁻	0.00003
I	I ⁻ , IO ₃ ⁻ ?	0.06
In		<<0.02
K	K ⁺	380
Kr	Kr	0.0025
La		0.000012
Li	Li ⁺	0.18
Mg	Mg ²⁺	1350
Mn	Mn ²⁺	0.002
Mo	MoO ₄ ²⁻	0.01
N	Organic N, NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	0.5
Na	Na ⁺	10,500
Nb		0.00001
Nc	Ne	0.00014
Ni	Ni ²⁺	0.0054
O	H ₂ O, O ₂ , SO ₄ ²⁻	857,000
P	PO ₄ H ²⁻	0.07
Pa		2 × 10 ⁻⁹
Pb	Pb ²⁺	0.00003
Ra		6 × 10 ⁻¹¹
Rb	Rb ⁺	0.12
Rn	Rn	6 × 10 ⁻¹⁶
S	SO ₄ ²⁻	885
Sb		0.00033
Sc		<0.000004
Se		0.00009
Si	Si(OH) ₄	3
Sn		0.003
Sr	Sr ²⁺	8.1
Ta		<0.0000025
Th		0.00005
Ti		0.001
Tl	Tl ⁺	<0.00001
U	UO ₂ (CO ₃) ₃ ⁴⁻	0.003
V	VO ₃ H ₃ ²⁻	0.002
W	WO ₄ ²⁻	0.0001
Xc	Xc	0.000052
Y		0.0003
Zn	Zn ²⁺	0.01
Zr		0.000022

Table 9. Ionic Composition (ppm) of Instant Ocean[®] Synthetic Sea Salts at Specific Gravity 1.025 and 15 C

Cl	18,400
Na	10,200
SO ₄	2500
Mg	1200
K	370
Ca	370
HCO ₃	140
H ₃ BO ₃	25
Br	20
Sr	8
PO ₄	1
Mn	1
MoO ₄	0.7
S ₂ O ₃	0.4
Li	0.2
Rb	0.1
I	0.07
EDTA	0.05
Al	0.04
Zn	0.02
V	0.02
Co	0.01
Fe	0.01
Cu	0.003

Table 10. Major Components in 8000 gal of Modified Instant Ocean[®] Synthetic Sea Salts

Component ^a	Amount present, lb
Sodium chloride (NaCl)	1840
Magnesium sulfate (MgSO ₄)	460
Magnesium chloride (MgCl ₂)	360
Potassium chloride (KCl)	40
Calcium chloride (CaCl ₂)	92
Sodium bicarbonate (NaHCO ₃)	14

Table 11. Minor Components in 8000 gal of Modified Instant Ocean[®] Synthetic Sea Salts

Component ^a	Amount present, g
Strontium chloride (SrCl ₂)	600
Manganese sulfate (MnSO ₄ ·H ₂ O)	120
Sodium phosphate (NaH ₂ PO ₄ ·7H ₂ O)	120
Lithium chloride (LiCl)	30
Sodium molybdate (Na ₂ MOO ₄ ·2H ₂ O)	30
Sodium thiosulfate (Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O)	130

Table 12. Trace Components in 8000 gal of Modified Instant Ocean[®] Synthetic Sea Salts

Component ^a	Amount present, g
Potassium iodide (KI)	2.7
Aluminum sulfate (Al ₂ [SO ₄] ₃) ^b	26.0
Potassium bromide (KBr)	812.7
Cobalt sulfate (CoSO ₄)	2.7
Rubidium chloride (RbCl)	4.5
Cupric sulfate (CuSO ₄ ·5H ₂ O)	0.3
Zinc sulfate (ZnSO ₄ ·7H ₂ O)	2.9

^a All components should be reagent grade.

^b Heat required to dissolve.

Table 13. Gallons of Brine at Different Specific Gravities Necessary to Make 8000 gal of Modified Instant Ocean[®] Synthetic Sea Salts*

Specific gravity of brine	Gallons of brine
1.151	967
1.154	952
1.156	938
1.158	925
1.160	912
1.162	899
1.164	886
1.167	874
1.169	862
1.171	849
1.173	838
1.175	827
1.177	816
1.180	806
1.182	795
1.184	785
1.186	775
1.188	766
1.190	756
1.193	747
1.195	738
1.197	729
1.199	720
1.202	711
1.203	99% saturated
	706

* Calculations are based on the properties of brine at 15.56 C.

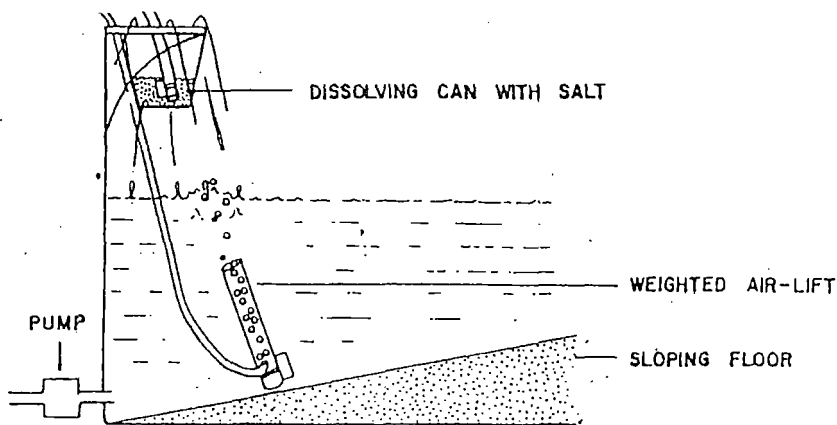


Figure 25. Apparatus for mixing large amounts of synthetic sea water.

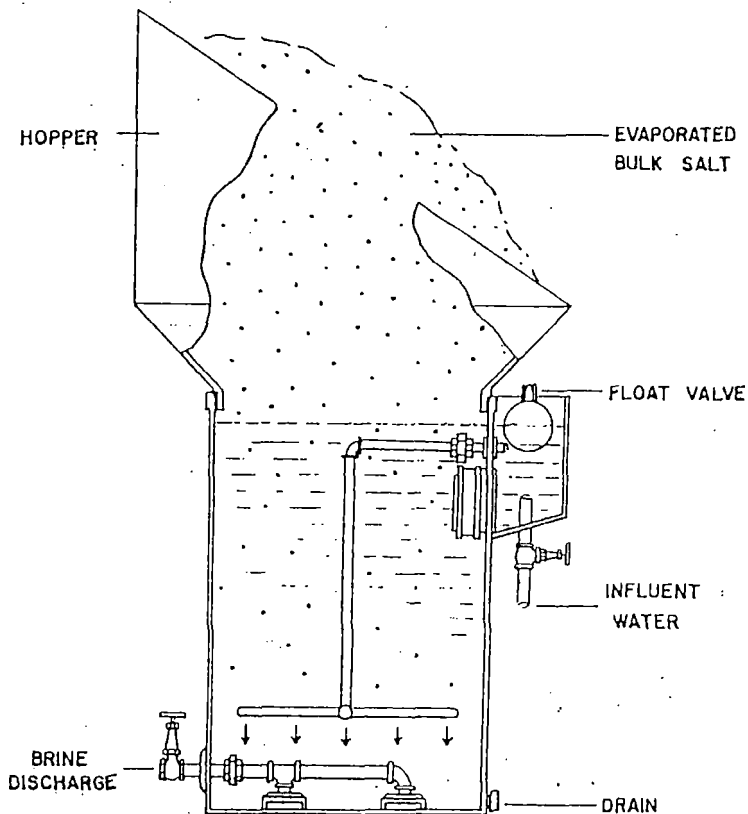


Figure 26. The Sterling Brinomat.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΟΞΙΚΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΤΕΣ

7.1 ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ακόμη και στα υποθανατηφόρα επίπεδα η τοξικοί μεταβολίτες των υδρόβιων ζώων έχουν τουλάχιστον τέσσερα βλαβερά αποτελέσματα: 1) αυξάνουν την ευαισθησία των ζώων σε άλλες δυσμενείς συνθήκες (διακύμανση της θερμοκρασίας, έλλειψη οξυγόνου κ.λ.π.), 2) αναστέλλουν την κανονική ανάπτυξη, 3) μειώνουν τη γονιμότητα και 4) μειώνουν την ανθεκτικότητα στις ασθένειες.

7.2 ΑΜΜΩΝΙΑ

Πρέλευση της Αμμωνίας στο Νερό Καλλιέργειας

Η αμμωνία, στο νερό καλλιέργειας, προέρχεται από την ανοργανοποίηση των οργανικών συστατικών, από ετεροτροφικά βακτήρια και τις εκκρίσεις των ζώων. Η αμμωνία είναι η κύρια μορφή азώτου που αποβάλεται από τα περισσότερα υδρόβια ζώα. Στα ψάρια, το μεγαλύτερο ποσό αμμωνίας απομακρύνεται από τα βράγχια. Τα υπόλοιπα ποσά απομακρύνονται μέσω των ούρων. Ο Smith (1929) βρήκε ότι στα ψάρια των γλυκών νερών, που μελέτησε, η αμμωνία αποτελούσε το 80% του συνολικού αποβαλλόμενου азώτου ενώ η ουρία αποτελούσε το περισσότερο μέρος του υπολοίπου. Σύμφωνα με τον Shirahata (1964), η ιριδίζουσα πέστροφα στη φάση ανάπτυξης, εκκρίνει 17 mg αμμωνιακού азώτου ανά κιλό βάρους ανά ώρα. Ο Gerking (1955) σημείωσε ότι η ολική έκκριση азώτου από το bluegill είχε υψηλή συσχέτιση με το σωματικό βάρος (ένα ψάρι 29.7 g απέκρινε 7.18 mg ανά ημέρα). Ο παραπάνω συμπέρανε ότι αυτό ήταν 3.5 φορές περισσότερο από αυτό που θα απέβαλλε ένα θερμόαιμο ζώο. Το ότι η

αμμωνία είναι η κυρίαρχη μορφή азώτου που εκκρίνεται από τους τελεόστεους έχει δειχθεί στη γλώσσα, σε διάφορα πλατύψαρα και την πέρκα.

Η αμμωνία επίσης είναι το κύριο εκκριτικό προϊόν των υδρόβιων ασπόνδυλων. Αυτό έχει δειχθεί σε πολλές ομάδες ζώων που περιλαμβάνουν τα οστρακοειδή και τα καρκινοειδή.

Μια πολλή καλή περίληψη των εκκρίσεων αμμωνίας από τα υδρόβια ζώα δόθηκε από τους Prosser και Brown (1961).

Μηχανισμοί Τοξικότητας της Αμμωνίας

Παρόλο που η αμμωνία είναι αυστηρά τοξική στην υδρόβια ζωή, ο βαθμός τοξικότητάς της ποικίλει ανάλογα με τις χημικές συνθήκες. Γενικά η συγκέντρωση της αμμωνίας στο διάλυμα (σαν ολικό αμμώνιο - NH_4^+) δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0.1 ppm. Τα θανατηφόρα επίπεδα είναι ακόμη χαμηλότερα, για πολλά ζώα. Ωστόσο, ακόμη και επίπεδα πολύ πιο κάτω από τα θανατηφόρα επίπεδα έχουν σημαντικές επίπτώσεις, όπως θα δειχθεί παρακάτω.

Τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και το pH είναι οι δύο παράγοντες που επηρεάζουν την τοξικότητα της αμμωνίας. Το τελευταίο είναι σημαντικό γιατί μόνο η μη ιονισμένη μορφή της αμμωνίας (NH_3) εμφανίζεται να είναι δηλητηριώδης για τα υδρόβια ζώα. Η ιονισμένη αμμωνία (NH_4^+) είναι ανίκανη να διαπεράσει τους ιστούς των ψαριών (Milne *et al.*, 1958) και έτσι μπαίνει στα υδρόβια ζώα από το εξωτερικό μέσο.

Η συγκέντρωση της μη ιονισμένης αμμωνίας μέσα ή έξω από τους ιστούς εξαρτάται από το pH. Συνήθως υπάρχει μια κλίση συγκέντρωσης όπου το pH του εξωκυττάριου (νερού) και του ενδοκυττάριου υγρού (αίμα) δεν είναι σε ισορροπία. Όταν το pH ενός εκ των δυο υγρών αλλάζει, υπάρχει μια μετατόπιση της συγκέντρωσης της ιονισμένης αμμωνίας και στις δυο πλευρές των κυτταρικών μεμβρανών (Warren, 1962; Warren & Schenker, 1962). Αυτό απεικονίζεται στην Εικ. 27. Το μέρος *a* δείχνει ότι η αναλογία αμμωνίας/αμμωνίου εξαρτάται από το pH και ότι υψηλότερο pH επιτρέπει να υπάρχουν υψηλότερα ποσά μη ιονισμένης αμμωνίας. Το μέρος *b* δείχνει ότι μόνο η αμμωνία μπορεί να περάσει από τους φυσικούς φραγμούς των ιστών. Στο μέρος *c* μπορούμε να δούμε ότι το μέρος του ιστού με το χαμηλότερο pH (μεγαλύτερη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου) προσελκύει αμμωνία. Στο μέρος *d* δείχνεται το γεγονός ότι αν το pH αλλάξει μέσα και έξω από τον ιστό, παράλληλα με μια απότομη μεταβολή του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα, η μετατόπιση στην κατανομή της αμμωνίας είναι λιγότερο εμφανής από ότι θα γινόταν αν άλλαζε το pH σε ένα μόνο σημείο (μέσα ή έξω) με την προσθήκη ενός οξέος ή μιας βάσης.

Μείωση του pH του νερού από 8 σε 7 έχει σαν αποτέλεσμα μια μείωση κατά 10 φορές στην ποσότητα της μη ιονισμένης αμμωνίας (Downing & Merkens, 1955). Η

σχέση μεταξύ της χημικής κατάστασης της αμμωνίας και του pH δίνεται στον Πιν. 14. Καθώς το αυξάνει pH και υπάρχει μια πτώση της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου, αυξάνονται τα επίπεδα της μη ιονισμένης αμμωνίας.

Οι Downing και Merkens (1955) βρήκαν ότι οι πέστροφες ήταν πιο ανθεκτικές στην αμμωνία σε pH 7 παρά σε pH 8. Επίσης, το ποσό του χλωριούχου αμμωνίου, που έπρεπε να προστεθεί στο νερό ώστε να επιτευχθούν παρόμοια θανατηφόρα αποτελέσματα, ήταν 10 φορές περισσότερο σε νερό με pH 7 από ότι σε νερό με pH 8.

Μια μείωση του διαλυμένου οξυγόνου αυξάνει την τοξικότητα της μη ιονισμένης αμμωνίας, σε τρία από τα τέσσερα είδη των ψαριών του γλυκού νερού που εξετάστηκαν από τους Merkens και Downing (1957). Παρόμοια ευρήματα είχαν αναφερθεί νωρίτερα στην ιριδίζουσα πέστροφα (Downing & Merkens, 1955) και στα minnows (Wuhrmann, 1952). Οι Merkens και Downing (1957) ανακάλυψαν ότι αυξάνοντας το διαλυμένο οξυγόνο από 1.5 σε 8.5 ppm στο νερό ελέγχου, σε μια σταθερή θερμοκρασία 8 °C, μειωνόταν η τοξικότητα της μη ιονισμένης αμμωνίας, σε όλες τις συνθήκες που έλεγξαν.

Επιπτώσεις της Τοξικότητας της Αμμωνίας

Ο Burrows (1964) είπε:

... Τα αποτελέσματα ακόμη και χαμηλών συγκεντρώσεων αμμωνίας είναι εμφανή και σαφώς επιβλαβή. Υπάρχουν διάφορες αποδείξεις για το ότι, όταν η συγκέντρωση της μη ιονισμένης αμμωνίας κυριαρχήσει στις δεξαμενές εκτροφής, τότε, επηρεάζονται ο ρυθμός ανάπτυξης, η φυσική κατάσταση και η ανθεκτικότητα στις ασθένειες...

Τα ίδια αποτελέσματα, φυσικά, παρατηρούνται σε όλα τα συστήματα καλλιέργειας.

Ο Burrows εξέθεσε ιχθύδια σολομού σε νερό με pH 7.8, στο οποίο τα επίπεδα του υδροξειδίου του αμμωνίου ήταν 0.3, 0.5, και 0.7 ppm. Τα ψάρια, μέσα σε τέσσερις εβδομάδες, έδειξαν σαφή σημάδια υπερπλασίας των βραγχίων και δεν ανένευσαν μετά τη μεταφορά τους σε καθαρό νερό. Όταν τα πειράματα επαναλήφθηκαν με μεγαλύτερα ιχθύδια, αυτά συνήλθαν μετά από τρεις εβδομάδες στο καθαρό νερό. Είναι σημαντικό το ότι η υπολογισμένη συγκέντρωση της μη ιονισμένης αμμωνίας (Πιν. 14) στα δεδομένα επίπεδα του υδροξειδίου του αμμωνίου ήταν μόλις 0.006 και 0.008 στα 0.3 ppm NH₄OH, 0.01 και 0.012 στα 0.5 ppm και 0.014 και 0.018 στα 0.7 ppm. Αυτές οι τιμές δείχνουν ότι η μη ιονισμένη αμμωνία, ακόμη και σε ελάχιστες συγκεντρώσεις, είναι βλαβερή στον επιθηλιακό ιστό των βραγχίων των ψαριών. Ο Burrows παρατήρησε επίσης μια μείωση του ρυθμού αύξησης και της φυσικής κατάστασης σολομών μετά από έκθεσή τους, επί μακρόν, σε υποθανατηφόρα επίπεδα αμμωνίας. Πρότεινε ότι η έκθεση

σε αμμωνία, σε ποσότητες ικανές να προκαλέσουν υπερπλασία των βραγχίων, ήταν η πρόδρομη αιτία των βακτηριακών μολύνσεων των βραγχίων.

Ο Reinchenbach-Klinke (1967) βρήκε ότι νεαρά άτομα πέστροφας που εκτρέφονταν σε νερό με μη ανιχνεύσιμα ποσά αμμωνίας είχαν καλύτερη ανάπτυξη, αυξημένη ανθεκτικότητα σε ασθένειες και χαμηλότερη θνησιμότητα από ίδια ψάρια που συντηρήθηκαν σε νερό ποταμού, στο οποίο υπήρχε αμμωνία καθόλη τη διάρκεια του έτους. Ο ίδιος, επιβεβαίωσε τα ευρήματα του Burrows σχετικά με την υπερπλασία που προκλήθηκε από υποθανατηφόρα επίπεδα αμμωνίας. Ιστολογική εξέταση των ψαριών που εκτέθηκαν σ' αυτά τα επίπεδα αποκάλυψε υπεραϊμία των βλεννωδών κυττάρων του δέρματος και μια αφύσικη συγκέντρωση αιματομάτων στην επιδερμίδα. Τα αιμοφόρα αγγεία του ήπατος υπεραϊματονόονταν, με αποτέλεσμα την πρόκληση χρόνιας φλεγμονής του ήπατος. Εκθεση σε υποθανατηφόρα επίπεδα αμμωνίας επίσης τροποποιούσε τα συστατικά του αίματος και κατέστρεφε τα ερυθρά αιμοσφαίρια. Αυτές οι συνθήκες μεγεθύνονταν σε πειράματα που έγιναν σε ανοξικές συνθήκες. Ο Wolf (1957) έδειξε ότι η αμμωνία αύξανε τον δείκτη της ασθένειας blue-sac σε ιχθύδια ψαριών γλυκού νερού όταν τα αυγά καλλιεργούνταν σε νερό με υψηλά ποσοστά αμμωνίας. Ο Kawamoto (1961) ανέφερε μειωμένο ρυθμό ανάπτυξης του κυπρίνου που προκαλείτο από την αμμωνία. Κατά τη διάρκεια τριών μηνών το μέσο ατομικό βάρος των ψαριών ελέγχου αυξήθηκε από 2.74 σε 3.13 g ενώ ψάρια που εκτέθηκαν σε 0.03 ppm NH₄Cl έδειξαν μια μέση μείωση του βάρους από 2.8 σε 2.77 g.

Τα χρόνια επίπεδα αμμωνίας είναι το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι καλλιεργητές. Η αμμωνία δεν είναι ειδική σε κάθε είδος, όσον αφορά στα αποτελέσματά της, όπως είναι οι περισσότεροι οργανικοί μεταβολίτες. Η αμμωνία είναι βλαβερή τόσο σε μικτές όσο και σε μονοειδικές καλλιέργειες. Το αποτελεσματικό βιολογικό φίλτράρισμα είναι το κλειδί της μείωσης της αμμωνίας στα ελάχιστα επίπεδα, παρόλο που το airstripping και η οζονοποίηση μπορεί να βοηθήσουν στη μείωσή της. Η ευαισθησία στη δηλητηρίαση λόγω αμμωνίας ελαττώνεται όταν υπάρχουν υψηλοί ρυθμοί ανακύκλωσης, έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί ο βιολογικός καθαρισμός και να διατηρηθεί το διαλυτό οξυγόνο σε επίπεδα κορεσμού. Όπως αποδεικνύεται από τον Πιν. 14, υψηλό pH (>8) δεν είναι κατ' ανάγκη επιθυμητό, ακόμη και σε θαλάσσια συστήματα. Σε θαλάσσια συστήματα που δουλεύουν στο μέγιστο της δυναμικότητάς τους, ένα πρόβλημα αμμωνίας πρέπει να αντιμετωπισθεί αμέσως. Ένα σταθερό pH μεταξύ 7.5 και 8 ελαχιστοποιεί τα τοξικά αποτελέσματα.

7.3 ΦΕΡΟΜΟΝΕΣ

Πολλά ζώα εκκρίνουν οργανικές ενώσεις στο περιβάλλον τους, που εξυπηρετούν είτε σαν χημειουποδεκτικά ερεθίσματα ή σαν φυσιολογικοί καταστολείς. Οι Kariso και Lusche (1957) ονόμασαν αυτές τις ουσίες *φερομόνες*, οι οποίες προέρχονται από τις ελληνικές λέξεις *φέρειν* για τη μεταφορά και *ορμών* για τη διέγερση. Ο όρος υπέστη κριτική από διάφορους επιστήμονες και μεταξύ αυτών και ο Kirschenblatt (1962). Ωστόσο, ο όρος φερομόνες επικράτησε και έτσι θα χρησιμοποιηθεί και εδώ.

Στις καλλιέργειες υδρόβιων οργανισμών, οι κατασταλτικές φερομόνες είναι οι οργανικές ενώσεις πρωτεύοντος ενδιαφέροντος, παρόλο που είναι πιθανό ότι άλλα, λιγότερο επιλεκτικά, οργανικά μπορεί να είναι βλαβερά στο νερό καλλιέργειας. Η έρευνα στις φερομόνες των υδρόβιων οργανισμών μόλις έχει αρχίσει και απαιτείται περισσότερος χρόνος πριν αναγνωριστούν και μετρηθούν η ακριβής φύση και τα αποτελέσματα αυτών των κατασταλτικών οργανικών ενώσεων - επιλεκτικών και μη. Παρούσες αποδείξεις δείχνουν ότι οι φερομόνες έχουν ειδική δράση και ότι είναι άμεσα προϊόντα του μεταβολισμού. Είναι πιθανό, ότι πολλές από αυτές είναι επίσης πολύ ειδοειδικές. Αναφέρθηκε στο Κεφ. 4 ότι είναι αδύνατο να απομονώσουμε και να απομακρύνουμε μια-μια τις τόσο διαφορετικές οργανικές ουσίες στο νερό καλλιέργειας. Για το λόγο αυτό, πρέπει απλά να τονιστεί πάλι ότι η χημική καθαρισμός μειώνει τα επίπεδα των ολικών οργανικών που βρίσκονται μέσα στο κύκλωμα. Προφανώς τα επίπεδα των τοξικών οργανικών, περιλαμβανομένων και των φερομονών, επίσης μειώνονται.

Η περισσότερη βιβλιογραφία για τις κατασταλτικές ορμόνες και τα υδρόβια ζώα έχει περιορισμένη αξία, εφόσον οι ερευνητές έχουν αρκεστεί στη μέτρηση των αποτελεσμάτων αυτών των ουσιών, χωρίς όμως τον καθορισμό της πλήρους χημικής δομής ή των μηχανισμών τοξικότητας. Επιπλέον, υποθανατηφόρα επίπεδα αμμωνίας παράγουν παρόμοια αποτελέσματα και ακόμη, η πιθανότητα δράσης της αμμωνίας σαν ένας παράγοντας που παρεμβαίνει στην έρευνα των υδρόβιων φερομονών έχει κατά κανόνα αγνοηθεί. Σε πειράματα, στα οποία τα πειραματόζωα κρατήθηκαν σε κλειστά κυκλώματα χωρίς επαρκή βιολογικό καθαρισμό, η καταστολή της ανάπτυξης και η μείωση της γονιμότητας θα μπορούσε, πραγματικά, να έχει προκληθεί από την αμμωνία. Η αποτυχία μέτρησης της αμμωνίας αποδυναμώνει όλα αυτά τα πειράματα, εκτός από αυτά στα οποία απομονώθηκε και ελέγχθηκε η φερομόνη. Μια πολύ καλή μελέτη έγινε από τον Yu (1968), ο οποίος σημείωσε τα κατασταλτικά αποτελέσματα στο zebrafish και στο μπλε gourami (που αποδεδειγμένα δεν προκλήθηκαν από αμμωνία) που προκλήθηκαν από οργανικές ουσίες που προήλθαν από τα ψάρια. Τα παραπάνω αποτελέσματα προκλήθηκαν πειραματικά, μετά από επιλεκτική απομάκρυνση των υπό έλεγχο ουσιών και την προσθήκη τους στο νερό καλλιέργειας σε γνωστές ποσότητες.

Οι Berrie και Visser (1963) απομόνωσαν ένα συστατικό από το υδρόβιο σαλιγκαράκι, *Biomphalaria sudanica*, το οποίο αποδείχθηκε θανατηφόρο για άλλα άτομα σαλιγκαριών, όταν προστέθηκε στο νερό τους σε συγκέντρωση διπλάσια του κανονικού.

Πολλοί ερευνητές έχουν αναφερθεί στα καλά αποτελέσματα του "γερασμένου" νερού καλλιέργειας. Ο ευεργητικός παράγοντας, που εμπλέκεται, συνήθως αποδίδεται σε μια άγνωστη οργανική ένωση που εκκρίνεται στο νερό από τα ζώα. Αυτό μπορεί, τελικά, να αποδειχθεί αλήθεια. Αλλά από την άλλη μεριά, η απουσία των αυξητικών αναστολέων θα μπορούσε να επιφέρει το ίδιο αποτέλεσμα όπως η παρουσία των ανάλογων επαγωγών. Στο Κεφ. 1 δείχθηκε ότι η διαδικασία της προετοιμασίας (conditioning) των νέων κυκλωμάτων καλλιέργειας είναι αργή. Πολλά από τα βακτήρια των φίλτρων δεν έρχονται σε ισορροπία με τις παρεχόμενες ή υπάρχουσες πηγές ενέργειας για αρκετές εβδομάδες. Επίσης αναφέρθηκε ότι ένα νέο σύστημα μπορούσε να ετοιμαστεί γρηγορότερα προσθέτοντας ένα στρώμα καλκώδους υποστρώματος από ένα παλιό φίλτρο. Ένα ποσοστό του συνολικού πληθυσμού των βακτηρίων, σε ένα έτοιμο σύστημα, είναι αιωρούμενο και δεν είναι προσκολλημένο σε σταθερές επιφάνειες. Εξαιτίας αυτού, είναι πιθανό ότι προσθέτοντας παλιό νερό καλλιέργειας, απλά "εθίζεται" το νέο σύστημα γρηγορότερα από τους οργανισμούς που υπήρχαν στο παλιό νερό. Το αποτέλεσμα, φυσικά, είναι η πιο γρήγορη και αποτελεσματική απομάκρυνση των ουσιών που δρουν σαν περιοριστικοί παράγοντες αύξησης και η εξάλειψη του χρόνου υστέρησης που συχνά παρατηρείται στους ρυθμούς αύξησης των ζώων, που διατηρούνται σε ανέτοιμα συστήματα.

Table 14. Percentage of Un-Ionized Ammonia in Solutions of Hydroxide at Three Temperatures and Various Levels of pH

pH	10 C	15 C	20 C
7.0	0.3	0.4	0.5
7.5	1.1	1.3	1.5
7.6	1.4	1.6	1.9
7.7	1.8	2.1	2.4
7.8	2.3	2.6	3.0
7.9	2.9	3.3	3.8
8.0	3.6	4.1	4.7
8.1	4.6	5.2	6.0
8.2	5.7	6.5	7.3
8.3	7.1	8.0	9.1
8.4	8.9	9.9	11.2
8.5	11.1	12.3	13.7
8.8	20.3	22.1	24.2
9.0	29.1	32.3	35.8
9.5	57.6	59.8	62.1

Derivation formula:

$$\frac{(\text{NH}_4^+) (\text{OH}^-)}{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = K_b$$

K_b = dissociation constant aqueous ammonia

K_w = ionization constant H_2O

Temp.	K_b	K_w
10 C	1.570×10^{-6}	14.5346
15 C	1.652×10^{-6}	14.3463
20 C	1.710×10^{-6}	14.1669

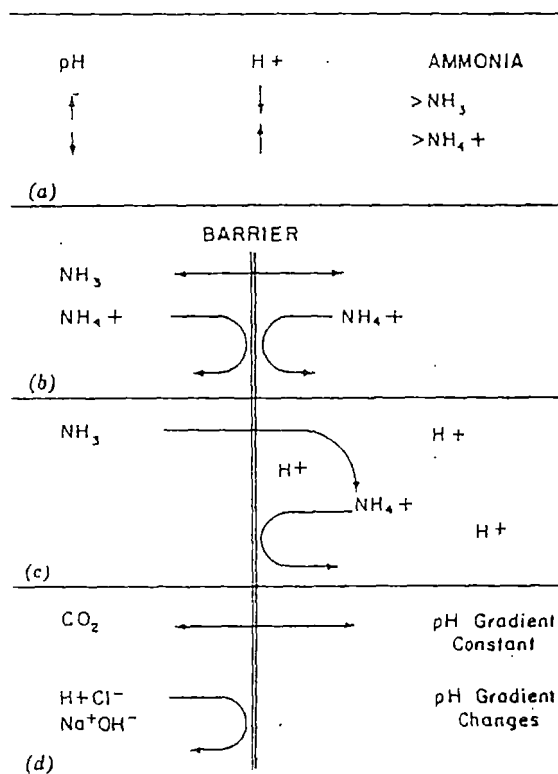


Figure 27. Effect of pH changes on concentrations of un-ionized ammonia and on the passage of ammonia across tissue barriers.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΡΟΛΗΨΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Υπάρχει μια ογκώδης βιβλιογραφία όσον αφορά στις θεραπείες των σθeneιών των υδρόβιων ζώων, ενώ έχουν γραφεί πολύ λίγα για την πρόληψη των ασθeneιών μέσω περιβαλλοντικού ελέγχου. Αυτό το κεφάλαιο είναι μια προσπάθεια αναθεώρησης του γενικότερου προβλήματος των μολυσματικών ασθeneιών, που περιγράφεται από το δίπτυχο αιτίου-αποτελέσματος, όπως σχετίζεται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Είναι παραδεκτό, ότι οποιαδήποτε τέτοια προσπάθεια είναι καταδικασμένη να είναι ατελής, εφόσον οι σχέσεις μεταξύ ασθeneιών και περιβαλλοντικών επιδράσεων είναι ασαφώς καθορισμένες.

Στα τελευταία τρία κεφάλαια παρουσιάστηκαν αποδείξεις για το ότι τα υδρόβια ζώα είναι πολύ ευαίσθητα ακόμη και σε ελαφρές αλλαγές της ποιότητας του νερού. Πρέπει να τονιστεί ότι παρόλο που τα περισσότερα ζώα είναι ικανά να ελέγχουν, έως ένα βαθμό, τις αντιδράσεις τους σ' αυτές τις αλλαγές, αυτές οι αντιδράσεις θα μεγεθύνονται σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Στο φυσικό περιβάλλον, η φυσική διασπορά τόσο των ξενιστών όσο και των παρασίτων επιτρέπει σε ένα είδος-ξενιστή να επιβιώσει ακόμη και αν πολλά από τα άτομα πεθάνουν όταν επικρατήσουν διαφορετικές, δυσμενείς συνθήκες. Αλλά, σε συνθήκες αιχμαλωσίας, η συσσώρευση των ατόμων σε μικρούς όγκους διευκολύνει την μετάδοση των παρασίτων. Όταν το νερό δεν είναι κατάλληλα φιλτραρισμένο και αποστειρωμένο, τα παράσιτα μπορούν να πολλαπλασιαστούν και τελικά να κατακυριεύσουν τους ξενιστές. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, οποιαδήποτε φυσική αντίσταση που έχει ο ξενιστής καταρρέει κάτω από τον υπερβολικό αριθμό των μολυσματικών παραγόντων.

8.1 ΑΝΟΣΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Μολυσματικοί παράγοντες έχουν βρεθεί σε όλα τα υδρόβια ζώα αλλά στις καλλιέργειες μόνο οι μεταδιδόμενες μορφές είναι σημαντικές. Η σοβαρότητα μιας μόλυνσης εξαρτάται πολύ από τη φυσιολογική κατάσταση του οργανισμού. Αυτή με τη σειρά της, εξαρτάται από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Σε υγιή ζώα οι μολύνσεις είναι συχνά σε λανθάνουσα κατάσταση - τα παράσιτα είναι παρόντα αλλά σε μη μολυσματική μορφή. Οι περισσότερες επιζωωτικές εξάρσεις που συναντούνται σε κλειστά συστήματα καλλιέργειας προκαλούνται από βακτήρια και πρωτόζωα. Αυτοί οι οργανισμοί μπορούν να τεθούν υπό έλεγχο, ελέγχοντας αυστηρά την ποιότητα του περιβάλλοντος.

Η μολυσματικότητα των ελμίνθων και των αρθροπόδων είναι λιγότερο εξαρτημένη από την ποιότητα του νερού, στο οποίο βρίσκεται ο ξενιστής. Σοβαρή προσβολή συχνά συμβαίνει σε υγιή ζώα παρόλο τον προσεκτικό έλεγχο των περιβαλλοντικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, το διαλυμένο οξυγόνο και η αμμωνία. Τα προσβεβλημένα ζώα συχνά απαιτούν θεραπευτική αγωγή. Αναλυτική συζήτηση των ασθενειών των ψαριών γίνεται από τους Reinchenbach-Klinke και Elkan (1965) και από τον Van Duijn (1967). Ο Johnson (1968) έκανε μια εμπειριστατωμένη έρευνα των ασθενειών των θαλάσσιων ασπόνδυλων και μια πλήρης περίληψη της ανοσίας και του περιβαλλοντικού στρες δίνεται από τον Lom (1969).

Τα παρασιτικά βακτήρια, τα πρωτόζωα και, σε μικρότερο βαθμό, οι ιοί είναι πιο προβληματικοί σε κλειστά κυκλώματα από ότι οι ελμινθες και τα αρθρόποδα. Οι παραπάνω οργανισμοί μπορούν να παραμείνουν έξω από το σύστημα με τις μεθόδους που περιγράφονται στην επόμενη ενότητα. Ωστόσο, τα βακτήρια και τα πρωτόζωα βρίσκονται συχνά στα βράγχια και τις εξωτερικές επιφάνειες των ψαριών και των άλλων υδρόβιων ζώων. Η φυσιολογική κατάσταση των ξενιστών καθορίζει αν θα παραμείνουν σε λανθάνουσα κατάσταση ή αν θα γίνουν μολυσματικοί. Μια προσωρινή μείωση του οξυγόνου αποδυναμώνει τον ξενιστή. Το ίδιο αποτέλεσμα έχουν το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα, η μη ιονισμένη αμμωνία και τα οργανικά. Τα ετεροτροφικά βακτήρια πολλαπλασιάζονται καθώς τα επίπεδα των οργανικών αυξάνονται και μετατρέπονται σε μολυσματικά όταν σχηματίσουν πολύ μεγάλους πληθυσμούς. Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις προκαλούν αξιοσημείωτο στρες στους ξενιστές και συχνά έχουν σαν αποτέλεσμα χρόνιες πρωτοζωικές μολύνσεις, ακόμη και πολύ μετά από τη στιγμή που η θερμοκρασία επιστρέψει στα κανονικά επίπεδα.

Εξάρσεις βακτηριακών και πρωτοζωικών μολύνσεων συχνά συμβαίνουν όταν κάποια καινούργια άτομα τοποθετούνται σε ένα παλιό σύστημα. Θεωρείται ότι οι μολυσματικοί παράγοντες εισέρχονται με τα καινούργια άτομα και μεταδίδονται στα ήδη υπάρχοντα. Αλλά το πρόβλημα μπορεί να μην είναι τόσο απλό. Για παράδειγμα, αν τα υπάρχοντα

ζώα φέρουν τον ίδιο παράγοντα αλλά σε λανθάνουσα μορφή, τότε η προσθήκη νέων ατόμων μπορεί να προκαλέσει τη μετατροπή αυτών των μορφών σε μολυσματική. Αυτό μπορεί να γίνει εξαιτίας διαφόρων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης και της αύξησης της αμμωνίας κατά τη διάρκεια μιας προσωρινής μετατόπισης της φέρουσας δυναμικότητας του συστήματος. Μπορεί επίσης η αιτία να είναι μια αύξηση των διαλυμένων οργανικών και, σε ασθενώς αυτορυθμιζόμενα συστήματα, μια αύξηση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα. Με άλλα λόγια, η ποιότητα του νερού μπορεί και πάλι να είναι η ουσιαστική αιτία, παρόλο που η εμφανής αλλαγή ήταν μόνο η προσθήκη μερικών ζώων. Όπως δείχνεται στη Εικ. 28, μια πτώση της ποιότητας του νερού με αποτέλεσμα τη μείωση της ανθεκτικότητας του ξενιστή είναι αρκετή για να μεταβάλλει τη μολυσματικότητα των σε λανθάνουσα φάση παρασίτων.

Η βλέννα της εξωτερικής επιφάνειας των υδρόβιων ζώων λειτουργεί σαν πρώτη γραμμή άμυνας ενάντια στην εισβολή των εκτοπαρασίτων. Δημιουργεί ένα προστατευτικό κάλυμα που εξυπηρετεί στη διατήρηση της ισορροπίας ξενιστή-παρασίτων, προς όφελος του ξενιστή. Υπάρχουν ουσιαστικές αποδείξεις ότι η βλέννα των ψαριών περιέχει αντισώματα που απομακρύνουν τα παρασιτικά πρωτόζωα. (Lom, 1969). Η σύνθεση των αντισωμάτων στα ψυχρόαιμα ζώα εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η παραγωγή τους στη βλέννα των ψαριών αναστέλλεται πάνω ή κάτω από συγκεκριμένες θερμοκρασίες, εξαρτόμενες από το είδος. Ο Lom (1969) δίνει αποδείξεις ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού καλλιέργειας στους 20 °C προκαλεί απομάκρυνση των trichodinids επειδή "... η προστατευτική ικανότητα της βλέννας πολλαπλασιάζεται σε αυξανόμενες θερμοκρασίες...". Στους 10 °C το ψάρι ήταν ανίκανο να απαλλαγεί από τα παράσιτα, παρόλο που η αύξησή τους αναστέλετο από την θερμοκρασία.

Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και συσσώρευση μεταβολιτών είναι δυο πρωταρχικοί παράγοντες που προκαλούν έξαρση των μολυσματικών βακτηρίων και πρωτοζώων.

8.2 ΠΡΟΛΗΨΗ ΑΣΘΕΝΕΙΩΝ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τέσσερις παράγοντες εμπλέκονται στην περιβαλλοντική πρόληψη ασθενειών: (1) διατήρηση κατάλληλων περιβαλλοντικών συνθηκών (συμπεριλαμβανομένων της ποιότητας του νερού και της σταθερής θερμοκρασίας), (2) αποστείρωση του νερού καλλιέργειας, (3) παροχή σωστής διαίτας και (4) πρόληψη της εισαγωγής μολυσματικών παραγόντων από το εξωτερικό περιβάλλον. Οι πρώτοι δύο παράγοντες έχουν ήδη συζητηθεί και ο τρίτος δεν είναι μέσα στα πλαίσια αυτού του βιβλίου. Ο τέταρτος παράγοντας θα εκτιμηθεί παρακάτω.

Ακατέργαστο Νερό

Στο ακατέργαστο νερό είναι παρόντες πολλοί μολυσματικοί παράγοντες. Τέτοιο νερό δεν πρέπει ποτέ να αντλείται από τη φυσική πηγή του στο σύστημα καλλιέργειας. Ποσότητες νερού που πρόκειται να μπουν στο σύστημα πρέπει πρώτα να προφιλτράρονται σε φίλτρα άμμου για να απομακρυνθεί η αρχική θολότητα. Μετά πρέπει να περάσουν από ένα φίλτρο γης διατόμων. Αυτά τα φίλτρα είναι πολύ αποτελεσματικά για την απομάκρυνση των υπολοίπων βακτηρίων και πρωτοζώων, που πέρασαν από το φίλτρο άμμου. Μετά το πέρασμα από το τελευταίο φίλτρο, το νερό πρέπει να μείνει σε σκοτεινό μέρος για 2 εβδομάδες, ελαφρά αεριζόμενο. Τα περισσότερα παράσιτα πεθαίνουν μέσα σ' αυτή την περίοδο αν δεν υπάρχει ξενιστής. Αυτό σημαίνει ότι τουλάχιστον δυο δεξαμενές πρέπει να είναι διαθέσιμες ώστε να προετοιμάσουμε το νερό που αντιστοιχεί στις αλλαγές που πρέπει να γίνονται κάθε 2 εβδομάδες (10% του ολικού όγκου). Επίσης πρέπει να υπάρχει αρκετός διαθέσιμος όγκος νερού για να αρχίσουμε μια καινούργια καλλιέργεια σε περίπτωση ανάγκης.

Σε κλειστά συστήματα, το προφιλτράρισμα γίνεται περιοδικά και τα φίλτρα δεν λειτουργούν συνέχεια. Το σύστημα προφιλτραρίσματος (άμμου και γης διατόμων) πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε τα φίλτρα να ανακυκλώνουν ανεξάρτητα τις δεξαμενές αποθήκευσης και το σύστημα καλλιέργειας. Η διάταξη δείχνεται με στικτές γραμμές στην Εικ. 29. Η θέση του αποστειρωτή φαίνεται επίσης στην ίδια εικόνα. Το νερό πρέπει να αποστειρώνεται καθώς φεύγει από τις δεξαμενές αποθήκευσης προς το σύστημα καλλιέργειας.

Το σύστημα προφιλτραρίσματος πρέπει να αποστειρώνεται χημικά αμέσως μετά τη διαδικασία πεπαλαίωσης κάποιας ποσότητας νερού. Αποστείρωση με UV ακτινοβολία ή όζον δεν είναι αποτελεσματικές σ' αυτές τις περιπτώσεις, εφόσον καμιά από τις δύο μεθόδους δεν σκοτώνει μικροοργανισμούς βαθιά στο φίλτρο άμμου ή γης διατόμων. Υπερχλωρίωση είναι η πιο αποτελεσματική τεχνική, παρόλο που πρέπει να γίνεται με πολύ μεγάλη προσοχή ώστε να απομακρυνθούν όλα τα κατάλοιπα.

Υπερχλωρίωση των προφίλτρων

1. Προσαρμόστε τις βαλβίδες ώστε τα προφίλτρα να λειτουργούν σαν κλειστό κύκλωμα (ανακύκλωση).
2. Ξεπλύνετε το φίλτρο γης διατόμων.
3. Προσθέστε υποχλωριούχο νάτριο μέχρι που το επίπεδο του ελεύθερου χλωρίου φθάσει στα 50 ppm όπως καθορίζεται από τα ΟΤΟ τεστ (βλ. American Public Health Assosiation *et al.*, 1965).
4. Ανοίξτε τις αντλίες και ανακυκλώστε το χλωριωμένο νερό για δύο ώρες.

5. Ελαττώστε το ελεύθερο χλώριο στο μηδέν μεθειοθειικό νάτριο ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).
6. Αδειάστε τα φίλτρα και αφήστε τα να στεγνώσουν μέχρι να ξαναχρησιμοποιηθούν.
7. Όταν αρχίσετε το προφιλτράρισμα πάλι, αφήστε να ξεπλυθεί το σύστημα για 30 λεπτά, πριν τη διοχέτευση του νερού στις δεξαμενές αποθήκευσης.

Προσβεβλημένα Ζώα

Νέα άτομα δεν πρέπει να προστίθενται στο σύστημα χωρίς πρώτα να έχουν απομονωθεί και αποδειχθεί στείρα μικροοργανισμών, για τουλάχιστον 4 εβδομάδες.

Ζωντανή Τροφή

Η ζωντανή τροφή μπορεί να μην είναι ασφαλής εκτός και αν εκτρέφεται σε δεξαμενές. Καλλιεργούμενες γαρίδες είναι κατάλληλες για την τροφή τόσο των θαλάσσιων ψαριών όσο και αυτών του γλυκού νερού. Αλιευόμενη τροφή είναι εν δυνάμει φορέας παρασίτων. Ζωντανή τροφή που αλιεύτηκε σε θαλασσινά νερά δεν πρέπει να δίνεται στα θαλάσσια ζώα. Το ανάλογο ισχύει και για τα ψάρια του γλυκού νερού. Ωστόσο, παράσιτα που υπάρχουν στο θαλασσινό νερό (ή θαλάσσια ζώα) σπάνια μπορούν να επιβιώσουν από την εμβάπτισή τους σε γλυκό νερό και έτσι τέτοια ζώα μπορούν να θεωρηθούν ασφαλής τροφή για τα ψάρια του γλυκού νερού. Το αντίστροφο είναι επίσης αλήθεια δηλ. ότι είδη του γλυκού νερού είναι ασφαλή για τα θαλάσσια ψάρια. Φοξίνοι του γλυκού νερού δεν πρέπει ποτέ να δίνονται σε ψάρια του γλυκού νερού, παρόλο που είναι ασφαλή για τα θαλάσσια είδη.

Σε κάθε περίπτωση, οι έτοιμες (εργοστασιακές) τροφές είναι προτιμότερες από τα ζωντανά ή τα κατεψυγμένα ζώα, από την άποψη της μετάδοσης των ασθενειών.

8.3 ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΑΓΩΓΗ

Χωρίς τον κατάλληλο έλεγχο, οι θεραπευτικές αγωγές και, την ίδια στιγμή, η διατήρηση των σταθερών περιβαλλοντικών συνθηκών είναι διαδικασίες ανταγωνιστικές. Ο καλλιεργητής που δεν ελέγχει το ρυθμό εφαρμογής των θεραπειών μπορεί να δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα, σκοτώνοντας κάποια απαραίτητα βακτήρια. Όταν

συμβεί κάτι τέτοιο, τότε η ποιότητα του νερού μειώνεται κατακόρυφα και εμφανίζονται και διάφοροι άλλοι περιοριστικοί παράγοντες που συνδιάζονται για τη δημιουργία του προβλήματος. Έχοντας αυτό στο μυαλό, οποιοδήποτε πρόγραμμα θεραπείας πρέπει να εφαρμόζεται με την παραδοχή ότι η αποτυχία μπορεί να είναι μοιραία σε επιβαρυσμένο περιβάλλον. Η θεραπεία μπορεί να αποδειχθεί περισσότερο θανατηφόρα από την ασθένεια, αν την θεραπεία την κάνει κάποιος ανειδίκευτος.

Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι καλύτερο να μην γίνεται θεραπεία σε άτομα προσβεβλημένα από βακτήρια και πρωτόζωα. Απώλεια των ατόμων μπορεί να αποδωθεί σε περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι περισσότερο προσβεβλημένοι πληθυσμοί πρέπει να απομακρύνονται και οι υπεύθυνοι παράγοντες πρέπει να προσδιορίζονται και να αποκαθιστούνται στις φυσιολογικές τους τιμές. Ζώα με μικρή επιμόλυνση και κατά τα άλλα καλή υγεία έχουν πολύ μεγάλες πιθανότητες να επιβιώσουν.

Οι έλμινθες και τα αρθρόποδα έχουν μεγαλύτερη σημασία στην αντίδραση του ξενιστή και δεν αντιμετωπίζονται με τον ίδιο τρόπο. Ο μόνος σίγουρος τρόπος να εξαλειφθούν όλοι αυτοί οι οργανισμοί είναι η απομάκρυνση των ζώων από τις δεξαμενές και η υπερκλωρίωση του συστήματος. Επίπεδα χλωρίου 50 ppm για δύο ώρες είναι αρκετό. Το χλώριο εξαλείφεται με την προσθήκη θειοθειικού νατρίου και στη συνέχεια το σύστημα ξεπλένεται επιμελώς. Στη συνέχεια, ξαναγεμίζεται με προφιλτραρισμένο νερό. Αυτή η τεχνική είναι πολύ δραστική αλλά η μόνη αποτελεσματική, για την απομάκρυνση αυτών των οργανισμών.

Η επιλογή της θεραπείας είναι θέμα πολλών βιβλίων και γι' αυτό το λόγο δεν θα αναφερθεί τίποτε ειδικό εδώ. Ωστόσο, επιλέγοντας μια ουσία πρέπει να έχουμε τρία πράγματα στο μυαλό μας. Πρώτον, η ουσία να είναι όσο γίνεται πιο ειδική για τη συγκεκριμένη ασθένεια. Δεύτερον, ουσίες που κάνουν τα ζώα να χάνουν μεγάλες ποσότητες βλέννας πρέπει να αποφεύγονται. Όταν καταστρέφεται η βλέννα, τα ζώα μένουν απροστάτευτα στις δευτερογενείς επιμολύνσεις που συνήθως συμβαίνουν. Τρίτον, τα άρρωστα άτομα δεν πρέπει να υπόκεινται σε θεραπεία μέσα στο σύστημα. Πολλές από τις ουσίες, όπως τα αντιβιοτικά και η φορμόλη δακρύπτουν τη νιτροποίηση. Για αυτό το λόγο, οι δεξαμενές θεραπείας πρέπει να είναι εκτός του κλειστού κυκλώματος. Η μετατροπή της αμμωνίας πρέπει να γίνεται, σ' αυτές, χημικά ή με οζονοποίηση.

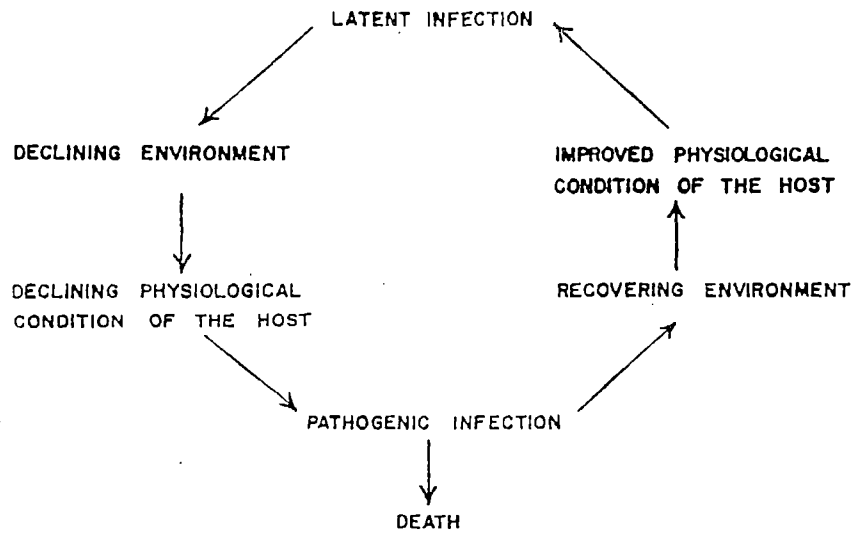


Figure 28. Virulent stages of infectious agents in relation to environmental conditions.

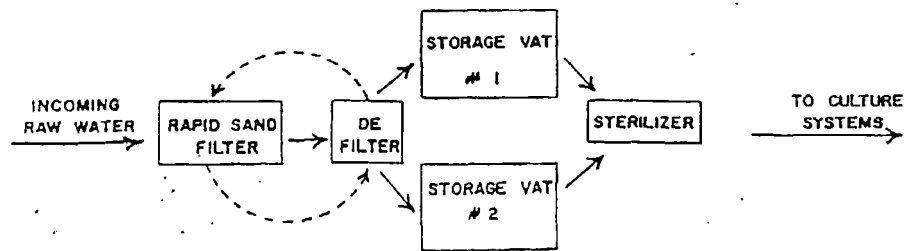


Figure 29. Prefiltering arrangement for processing large volumes of natural water.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η αμμωνία, τα νιτρώδη και τα νιτρικά μετρούνται με σπεκτροφωτόμετρο υπολογίζοντας την απόσβεση (E) (=απορρόφηση (A) ή οπτική πυκνότητα (OD)) και την επί της εκατό διαπερατότητα (T). Πολύ ακριβή όργανα δεν είναι απαραίτητα για συνθήκες ρουτίνας.

Οι τιμές που παίρνουμε από το σπεκτροφωτόμετρο μετατρέπονται σε μέρη στο εκατομύριο συγκρίνοντάς τα με γνωστές πρότυπες καμπύλες που έχουν σχεδιαστεί σε ένα λογαριθμικό χαρτί. Για παράδειγμα, ετοιμάζονται διαλύματα που περιέχουν 0.02, 0.4 και 0.6 ppm. Διαλύματα 0.366 g (NH)₂SO₄/L και 0.150 NaNO₂/L περιέχουν 100ppm NH₄⁺ και NO₂⁻, αντίστοιχα. Κάθε διάλυμα αραιώνεται στην παραπάνω συγκέντρωση και τα σημεία τοποθετούνται σε διάγραμμα. Τα νιτρικά και τα νιτρώδη διαβάζονται από τις ίδιες καμπύλες.

Η ακρίβεια αυτών των μεθόδων, επηρεάζεται από την αλατότητα μέσα στα όρια 25-38‰. Για την αμμωνία, οι τιμές θα είναι 0.62 φορές (σε απορρόφηση) οι τιμές που παίρνουμε για την ίδια συγκέντρωση αμμωνίας σε απεσταγμένο νερό. Όταν χρησιμοποιούμε επί τοις εκατό διαπερατότητα ο συντελεστής είναι 0.62 (100 - T). Αν έχουν γίνει οι πρότυπες καμπύλες, οι τιμές που παίρνουμε για τα δείγματα του θαλασσινού νερού μπορούν να διαβαστούν κατευθείαν από το διάγραμμα.

Όταν διαβάζουμε νιτρώδη ο συντελεστής είναι 0.85 φορές την τιμή του των νιτρωδών του απεσταγμένου νερού. Για την επί τοις εκατό διαπερατότητα η μετατροπή είναι 0.85 (100 - T).

Μάρτυρες απεσταγμένου νερού πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κάθε σειρά ελέγχων, για την προσαρμογή των τιμών των αποκλίσεων.

9.1 ΑΜΜΩΝΙΑ (ΣΑΝ ΟΛΙΚΑ NH_4^+)

Η ακόλουθη μέθοδος είναι για την ολική αμμωνία. Η θερμοκρασία και το pH του δείγματος πρέπει επίσης να μετρούνται και να υπολογίζεται το επί τοις εκατό ποσοστό της μη ιονισμένης αμμωνίας από τον Πιν. 14.

Αντιδραστήρια

Οξικό ρυθμιστικό διάλυμα οξέος	Διαλύστε 11 g τριυδατωμένου οξικού νατρίου σε λίγο νερό. Προσθέστε 65 ml καθαρού οξικού και απεσταγμένο νερό έως τα 500 ml. Μέγιστος χρόνος ζωής: 6 μήνες
Διάλυμα Cloramine -T απεσταγμένο	Διαλύστε 2.5 g cloramine - T σε 50 ml νερό Μέγιστος χρόνος ζωής: 1 εβδομάδα
Μονο αντιδραστήριο	Διαλύστε 5 g 3-μεθυλ-1-φενυλ-2-πυραζολιν-5-όνη (Eastman) σε 2 λίτρα απεσταγμένου νερού, θερμαίνοντάς το. Το αντιδραστήριο πρέπει να χρησιμοποιηθεί μετά από 2 βδομάδες.
Αντιδραστήριο Πυραζολόνης	Διαλύστε 80 mg Bis αντιδραστήριο (3,3-διμεθυλ-1,1-διφενυλ-4,4-bi-2-πυραζολιν-5,5-διόνη) (Eastman) σε 80 ml πυριδίνης και προσθέστε 400 ml "μονο" αντιδραστήριο. Μέγιστος χρόνος ζωής: 2 ώρες.
Τετραχλωράνθρακας	Ετοιμο παρασκεύασμα.

Διαδικασία

1. Σε 80 ml δείγμα προσθέστε 1 ml οξικό διάλυμα και 1 ml cloramine-T.
2. Μετά από 90 δευτερόλεπτα προσθέστε 40 ml αντιδραστήριου Πυραζολόνης
3. Μετά από 60 δευτερόλεπτα προσθέστε 35 ml τετραχλωράνθρακα και ανακινείτε για 1 min σε μια απαγωγό εστία.
4. Αφήστε να κατακαθίσει και φιλτράρετε τον παραπανίσιο τετραχλωράνθρακα με χαρτί Whatman #1. Το υγρό τοποθετήστε το σε μια κυβέτα.
5. Σκουπίστε την κυβέτα και φωτομετρήστε στα 450 μm.

9.2 ΝΙΤΡΩΔΗ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΑ

Αντιδραστήρια

Ακετόνη	Ετοιμο παρασκεύασμα.
Ρυθμιστικό διάλυμα	Αναμίξτε 20 ml υδροξείδιο του νατρίου με 20 ml διαλύματος φαινόλης.
Θειικός Χαλκός	Διαλύστε 100 mg ενυδατωμένου θειικού χαλκού σε 1 λίτρο νερού.
Διυδροχλωριούχο διάλυμα	διαλύστε 100 mg διυδροχλωριούχο N-(1-ναφθυλ)-εθυλεν-διαμίνη σε 100 ml απεσταγμένο νερό. Πειράξτε το όταν γίνει καφέ.
Θειική Υδραζίνη	Διαλύστε 3.625 g θειική υδραζίνη σε 500 ml απεσταγμένου νερού. Μέγιστος χρόνος ζωής: 2 μήνες
Διάλυμα Φαινόλης	Διαλύστε 9.072 g φαινόλης σε 200 ml απεσταγμένου νερού. Μέγιστος χρόνος ζωής: 2 μήνες
Αναγωγέας	Αναμίξτε 20 ml θειικού χαλκού με 20 ml θειικής υδραζίνης.
Υδροξείδιο του Νατρίου σε	Διαλύστε 1 oz (28.35 γρ.) υδροξείδιο του νατρίου απεσταγμένο νερό. Κρυώστε και αραιώστε σε 2 λίτρα. Μέγιστος χρόνος ζωής: 6 μήνες
Διάλυμα Σουλφανιλαμιδίου	Διαλύστε 5 g σουλφανιλαμιδίου (Mall 8393) σε ένα μίγμα 50 ml συμπυκνωμένου υδροχλωρικού οξέος και 300 ml απεσταγμένου νερού. Προσθέστε νερό μέχρι τα 500 κ.ε.

Διαδικασία (Νιρώδη)

1. Σε 50 ml δείγματος προσθέστε 4 ml διάλυμα σουλφανιλαμιδίου.
2. Μετά 2 min προσθέστε 4 ml διυδροχλωριούχου διαλύματος.
3. Μετά 10 min έως 2 ώρες φωτομετρήστε στα 543 nm, με μάρτυρα απεσταγμένο νερό.

Διαδικασία (Νιτρικά)

1. Πάρτε 0.5 ml δείγμα νερού και αραιώστε το μέχρι τα 50 ml αυτό θα είναι το δείγμα των 50 κ.ε.

2. Στο δείγμα των 50 ml προσθέστε 2 ml ρυθμιστικό διάλυμα και 1 ml αναγωγέα. Τοποθετήστε το δείγμα σε ένα υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας μεταξύ 70 και 80 F για 20 ώρες. Κρατήστε το σε σκοτεινές συνθήκες.

3. Απομακρύνετε το δείγμα από το υδατόλουτρο και προσθέστε 2 ml ακετόνη. Μετά από 2 min προχωρήστε όπως στα νιτρώδη αλλά πολλαπλασιάστε τα αποτελέσματα με το 100.

9:3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Ακριβής καθορισμός της αλατότητας μπορεί να γίνει μετρώντας της ηλεκτρική αγωγιμότητα ή την ελάττωση του σημείου πήξης. Η αλατότητα επίσης μπορεί να υπολογιστεί από την κλωρίτητα, όπως δείχθηκε νωρίτερα. Σε καλλιέργειες ρουτίνας, τέτοιες ακριβείς μέθοδοι δεν είναι απαραίτητες και η μέτρηση με ένα πυκνόμετρο είναι αρκετά ακριβής.

Τα πυκνόμετρα μπορούν να αγοραστούν με υποδιαιρέσεις που μετρούν είτε άμεσα την πυκνότητα του νερού σαν ειδικό βάρος είτε έμμεσα μετά από αναγωγή στην αλατότητα. Το ειδικό βάρος είναι προτιμότερο. Μόνο τα πυκνόμετρα που έχουν προσαρμοστεί σύμφωνα με τις συνθήκες του NBS πρέπει να χρησιμοποιούνται.

9.4 ΔΙΑΛΥΤΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Το διαλυτό οξυγόνο στα γλυκά, υφάλμυρα και αλμυρά νερά μπορεί να μετρηθεί είτε στο εργαστήριο με μεθόδους τιτλοδότησης είτε *in situ* με ένα φορητό ηλεκτρονικό όργανο.

Μέθοδος Τιτλοδότησης

Αντιδραστήρια

Διάλυμα θειικού μαγνησίου	Διαλύστε κάθε ένα από τα παρακάτω άλατα του μαγνησίου σε λίγο απεσταγμένο νερό, διπλήστε το και αραιώστε στα 100 κ.ε.: 48 g $MgSO_4 \cdot 4H_2O$ · 40 γρ. $MgSO_4 \cdot 2H_2O$ · ή 36.4 g $MgSO_4 \cdot H_2O$.
Αλκαλι-Ιοδιούχο-αζίδιο	Διαλύστε 50 g NaOH (ή 70 g KOH) και 15 g KI σε απεσταγμένο νερό και αραιώστε στα 100 ml

	Προσθέστε 1 g NaN_3 , διαλυμένο σε 4 ml απέσταγμένο νερό.
Διάλυμα αμύλου	Αλέστε 0.5–0.6 g διαλυτού αμύλου σε ένα δοχείο με λίγο νερό. Προσθέστε το σε ένα δοχείο που περιέχει 100 ml νερού σε βρασμό και συνεχίστε το βράσιμο για μερικά λεπτά. Προσθέστε μερικές σταγόνες τολουένιου για συντήρηση.
Διάλυμα θειοθειικού νατρίου	Διαλύστε 2.48 γρ, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ σε βρασμένο και ψυγμένο νερό. Αραιώστε στα 100 ml με απεσταγμένο νερό και προσθέστε 0.5 ml χλωροφορμίου, για συντήρηση.
Πρότυπο διάλυμα τιτλοδότησης θειοθειικού νατρίου	Αραιώστε 25 ml απο το διάλυμα θειοθειικού νατρίου σε 100 ml με απεσταγμένο νερό. Προσθέστε 0.5 κ.ε. (0.025N) χλωροφόρμιο για συντήρηση. 1 ml διαλύματος = 0.2 mg διαλυμένου οξυγόνου ανά 1 κ.ε..
Θειικό οξύ	Πυκνό (36N).
Διχρωμικό Κάλιο (πρότυπο διάλυμα)	Ξηράνετε $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ στους 103°C για 2 ώρες, μετά ζυγίστε 0.0225 g και διαλύστε σε 100 ml απεσταγμένου νερού σε μια ογκομετρική φιάλη

Πρότυπη τιτλοδότηση

1. Διαλύστε 2 g KI σε 100–150 ml απεσταγμένου νερού. Προσθέστε 10 ml ενός διαλύματος που περιέχει 1 μέρος θειικού οξέος και 9 μέρη απεσταγμένου νερού.
2. Προσθέστε 20 ml πρότυπου διαλύματος διχρωμικού καλίου.
3. Αραιώστε στα 400 ml με απεσταγμένο νερό και τιτλοδοτήστε με το πρότυπο διάλυμα τιτλοδότησης θειοθειικού νατρίου. Προσθέστε άμυλο (1–2 ml) κοντά στο τέλος της τιτλοδότησης όταν θα εμφανιστεί ένα υποκίτρινο χρώμα. Απαιτούται 20 ml διαλύματος τιτλοδότησης όταν το θειοθειικό διάλυμα τιτλοδότησης είναι ακριβώς 0.025N.

Διαδικασία Ελέγχου

1. Συλλέξτε τα δείγματα σε φιάλες των 300 ml. Με ένα σιφώνι αρχίστε να γεμίζετε τη φιάλη. Αφήστε να κυθεί αρκετό νερό και απότομα βουλώστε την χωρίς να εγκλωβίσετε αέρα.
2. Προσθέστε 2 ml θειικού μαγνησίου και μετά 2 ml αλκαλι-ιοδιούχο-αζίδιο.
3. Τοποθετήστε πάλι το πώμα χωρίς να παγιδεύσετε αέρα μέσα. Αντιστρέψτε τη φιάλη μερικές φορές, επιτρέποντας στο ίζημα να κατακαθίσει κατά το μισό πριν αντιστρέψτε πάλι.

Σημείωση: Στα υφάλμυρα και αλμυρά δείγματα περιμένετε 10 min πριν προχωρήσετε στο επόμενο βήμα.

4. Προσθέστε 2 ml θεικού οξέος στο δείγμα αφήνοντάς το να τρέξει στα τοιχώματα της φιάλης σιγά - σιγά.

5. Μεταφέρετε 200 ml δείγματος σε ένα δοχείο. Τιτλοδοτείστε με πρότυπο διάλυμα θειοθειικού νατρίου μέχρις ότου εμφανιστεί ένα υποκίτρινο χρώμα. Προσθέστε 1-2 ml αμύλου και συνεχίστε την τιτλοδότηση μέχρι να εξαφανιστεί το μπλε χρώμα. Μετά την προσθήκη του αμύλου, συνεχίστε την τιτλοδότηση αργά, προσθέτοντας μια σταγόνα κάθε φορά και αναδεύοντας απαλά τη φιάλη. 1 ml πρότυπου διαλύματος = 1 ppm διαλυμένου οξυγόνου (DO).

Σημείωση: Αν το ποσό που χρησιμοποιήθηκε κατά την πρότυπη τιτλοδότηση δεν είναι ακριβώς 20 ml (βήμα 3), τότε στο τέλος της διαδικασίας ελέγχου το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου στο δείγμα μπορεί να καθοριστεί ως ακολούθως:

$$\text{ppm DO} = \frac{\text{ml πρότυπου διαλύματος ελέγχου} \times 10}{\text{πραγματικά ml πρότυπου διαλύματος της πρότυπης τιτλοδότησης}}$$