

Dimensionamento del biofiltro in un impianto acquaponico (Appendice 4)

Questa appendice fornisce spiegazioni dettagliate sulla quantità ottimale di medium filtrante necessario per convertire l'ammoniaca in nitrati rispetto ad una determinata quantità di mangimi per pesci. Oltre alle informazioni fornite nel capitolo 8 del manuale è importante introdurre due nuovi parametri nelle equazioni:

- azoto ammoniacale totale (TAN) prodotto da mangimi per pesci
- tasso di conversione dell'ammoniaca in nitrato operato dai batteri

Determinazione della quantità di ammoniaca prodotta dai mangimi

L'ammoniaca è un sottoprodotto dalla degradazione delle proteine. La quantità di ammoniaca nell'acqua dipende da diversi fattori, tra cui la quantità/qualità delle proteine o amminoacidi nel mangime, la digeribilità, le specie di pesci, la temperatura e la rimozione dei rifiuti del pesce dal sistema acquaponico. In media, il 30 per cento delle proteine fornite dalla dieta vengono trattenute nel corpo dei pesci. Pertanto, il 70 per cento dell'azoto si disperde: il 15 per cento non viene digerito ed esce come rifiuto solido (feci) e alimento non consumato, mentre il restante 55 per cento viene escreto dai pesci come ammoniaca o prodotti facilmente degradabili in ammoniaca. Oltre ai rifiuti direttamente disciolti, vale la pena notare che circa il 60 per cento dei rifiuti solidi prodotti vengono estratti dal sistema mediante la filtrazione, ciò lascia circa il 6 per cento dei rifiuti solidi ammoniacali per la degradazione in acqua. Complessivamente, circa il 61 per cento dell'azoto originato dal cibo diventa ammoniaca ed è soggetto alla nitrificazione.

Prendiamo l'esempio di 20 kg di pesce che mangiano l'1 per cento del loro peso corporeo al giorno (200 g di mangime). Da questi 200 g di mangime (al 32 per cento di proteine), la quantità di ammoniaca prodotta è di circa 7,5 grammi. Per ottenere questo numero, in primo luogo viene calcolata la quantità dell'azoto sulla base della percentuale di proteine nel mangime e in funzione della quantità di azoto contenuto nella proteina (16 per cento). Quindi, la quantità di azoto disciolto viene così calcolato: il 61 per cento dell'azoto è disperso (6 per cento come mangime digerito/non consumato mantenuto nel sistema, 55 per cento escreto dal pesce). Per ogni grammo di azoto disperso, vengono prodotti 1,2 g di ammoniaca, secondo processi chimici (che qui non vengono riportati). La seguente equazione mostra il risultato quantitativo del processo

$$200 \text{ g feed} \times \frac{32 \text{ g protein}}{100 \text{ g feed}} \times \frac{16 \text{ g nitrogen}}{100 \text{ g protein}} \times \frac{61 \text{ g wasted nitrogen}}{100 \text{ g total nitrogen}} \times \frac{1.2 \text{ g NH}_3}{1 \text{ g nitrogen}} = 7.5$$

Come determinare la quantità di materiale necessario nel biofiltro per una adeguata nitrificazione batterica

Il tasso di rimozione di ammoniaca da parte dei batteri nitrificanti è di 0,2-2 g per metro quadrato al giorno. Il tasso di rimozione dipende dalle dimensioni biofiltro, dal carico d'acqua (quantità di acqua che scorre attraverso i batteri), dalle temperature (maggiore attività biologica a temperature > 20 °C), dalla salinità, dal pH, dall'ossigeno e dai solidi sospesi nei rifiuti del pesce. Per semplificare i complessi calcoli necessari, viene utilizzato un tasso prudente di conversione dell'ammoniaca di 0,57 g per metro quadrato di superficie al giorno. Considerando una quantità giornaliera di mangime di 200 g e la conseguente produzione di 7,5 g di ammoniaca, è necessario fornire ai batteri una superficie operativa di 13,3 m², come mostrato nella seguente equazione:

$$7.5 \text{ g ammonia} \times \frac{1 \text{ m}^2}{0.57 \text{ g ammonia}} = 13.3 \text{ m}^2$$

La superficie utilizzata dai batteri nitrificanti può essere realizzata con una vasta gamma di materiali, ciascuno con una superficie specifica (SSA), nota anche come superficie in rapporto al volume, espresso come metri quadrati per metro cubo (m^2/m^3). I medium utilizzati per il biofiltro più comuni includono ghiaia, sabbia, supporti e/o tessuti in fibre sintetiche e mezzi filtranti costituiti da piccoli pezzetti di plastica. Il SSA indica la superficie totale che si potrebbe ottenere se si potesse misurare la superficie di tutte le particelle di un particolare materiale contenuto nello spazio di un metro cubo. Alcuni di questi valori di SSA sono riportati nella tabella A4.1 (vedi anche tabella 4.1). Il volume del medium necessario per convertire l'ammoniaca può essere calcolato utilizzando il dato di SSA. Vediamo di fare un esempio utilizzando tufo di origine vulcanica: il tufo vulcanico ha una SSA di $300 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Il volume di tufo necessario per garantire una superficie operativa di $13,3 \text{ m}^2$, calcolato come sopra, per i batteri nitrificanti può essere ottenuto con una semplice divisione:

$$13.3 \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ m}^3}{300 \text{ m}^2} = 0.0443 \text{ m}^3$$

Il volume finale di tufo necessario per elaborare 200 g di mangime al giorno è $0,0443 \text{ m}^3$. Un metro cubo equivale a 1.000 litri, e quindi il volume di tufo richiesto è 44,3 litri. Quindi, 1 litro di tufo può convertire l'ammoniaca ottenuta da 4,5 g di mangime.

$$\frac{44.3 \text{ litres tuff}}{200 \text{ g feed}} : \frac{1 \text{ litre tuff}}{4.5 \text{ g feed}}$$

Quando si utilizzano i vari substrati nei letti di crescita con le varie tecniche di coltura acquaponica, la quantità di materiale utilizzato supera di gran lunga l'importo minimo richiesto per la biofiltrazione e la conversione di ammoniaca. Ciò si traduce in un sistema "robusto", anche in caso di grave riduzione della efficienza dei batteri nitrificanti. La progettazione del sistema descritto nell'appendice 8 della pubblicazione ha un volume di 900 litri di tufo, circa 20 volte superiore al volume necessario per elaborare l'ammoniaca prodotta da 200 g di mangime.

TABLE A4.1
Specific surface area of selected biofilter media, including calculations of ammonia conversion of daily feeding, assuming 32 percent protein in feed

Type of media	Specific surface area (m^2/m^3)	Feed (g) processed per litre of media	Media required (litres) per 100 g of feed
Coarse sand (0.6–0.8 mm)	5 000	75.0	1.3
Bead filtration	1 400	21.0	4.8
Bioballs®	600	9.0	11.1
Foam	400	6.0	16.7
Fibre mesh pads	300–400	4.5–6.0	16.7–22.2
Corrugated structured packing	150–400	2.3–6.0	16.7–44.4
Volcanic gravel	300	4.5	22.2
Clay balls (LECA)	200–250	3.0–3.8	26.7–33.3
Coarse gravel	150	2.3	44.4