

**Pytanie:** Chciałbym pozwolić rybom na nawożenie roślin, ale w zbiorniku mam ryb niewiele. Czy powinienem trzymać ich więcej?

**Odpowiedź:** Nie, po prostu dawaj więcej jedzenia. Ryby same z siebie nie wprowadzają składników pokarmowych do zbiornika. One jedynie przetwarzają (metabolizują) to, co Ty dasz w postaci pokarmu. Bakterie tlenowe zajmują się tym samym – rozkładają materię organiczną na związki przyswajalne dla roślin.

Tak więc ją dają pokarm dla ryb w ilości, którą wyznacza wielkość akwarium, a nie liczba zwierząt. Na ogół wysypują więcej karmy, niż ryby mogą zjeść, ale też nie za dużo – tyle, by następnego dnia nie było widać psujących się resztek pożywienia na dnie. Bardzo pomocne są ślimaki, ponieważ rozdrabniają karmę i bakterie mogą łatwiej ją rozłożyć.

Dzieje się tak, ponieważ różne organizmy – bakterie, rośliny, ryby albo ludzie – mają takie same mechanizmy metaboliczne dla pozyskiwania energii z pokarmu<sup>4</sup> (zasadniczo metabolizm taki jest po prostu odwróceniem fotosyntezy). Przy zużywaniu związków organicznych (takich jak glukoza) i tlenu powstają dwutlenek węgla, woda i energia.



Z przemianami biologicznymi w akwarium ściśle wiążą się liczne procesy czysto chemiczne – rozpuszczanie, strącanie, wiązanie i uwalnianie pierwiastków. Jednakże same pierwiastki się nie zmieniają. Tak więc żelazo zawarte w żywych solowcach przerobionych potem na mączkę, a następnie na granulaty, jest równie dobre jako to, które dostaje się do zbiornika w postaci żywych solowców. Pierwiastki są „nie do zdarcia”.

Niektóre pierwiastki są wydalane przez ryby wprost do wody, w ten sposób rośliny mogą je łatwo pobrać (ryby wydalają z moczem i przez skrzelą większość strawionych: B, K, Mg, Mo, N, S i C, w postaci związków rozpuszczalnych w wodzie).

Inne pierwiastki są przez ryby wydalane raczej w postaci stałej. Wiele wapnia i fosforu przechodzi przez układ pokarmowy ryby jako ciała stałe, które są wydalane w kale. Metale takie jak: miedź, żelazo, mangan czy cynk, dla roślin będą jeszcze mniej dostępne, ponieważ w moczu lub przez skrzelą wydalane są w bardzo niewielkich ilościach.<sup>5</sup> Dopiero gdy nagromadzą się w mule, rośliny będą mogły je pobrać przez korzenie. Dlatego droga Cu, Fe, Mn czy Zn z karmy dla ryb do roślin może być długa i kręta, obejmując przetwarzanie nagromadzonych odchodów przez bakterie i grzyby w podłożu. Tak długi czas dla tych czterech metali może tłumaczyć, dlaczego rośliny często nie chcą rosnąć w czystym podłożu żwirowym tak długo, póki nie nagromadzi się tam wystarczająco dużo mułu.

## C. Gleba jako źródło składników pokarmowych dla roślin

Zwykła gleba jest niezwykle skoncentrowanym źródłem składników pokarmowych, zwłaszcza pierwiastków śladowych. Przykładowo: 10 kg typowej gleby może dostarczyć roślinom w akwarium modelowym żelaza na 330000 miesięcy (Tabela V-4). Nawet jeśli wiele z tego żelaza występuje tam w formie nierozpuszczalnych tlenków, gleba nadal będzie niewyczerpanym źródłem tego pierwiastka.

Gleba nie zapewni obfitości głównych składników, takich jak: węgiel, azot czy fosfor. Ponadto zawartość składników pokarmowych z gleby, w przeciwieństwie do pokarmu dla ryb i wody, jest wartością ustaloną i w pewnej chwili zostanie wyczerpana. Dlatego choć

<sup>4</sup> Wszystkie pozorne wyjątki od opisanych reguł, to tak naprawdę proste modyfikacje tych samych, powszechnie obowiązujących zasad. Przykładowo: chociaż rośliny produkują swoje własne „pożywienie”, wykorzystując światło, a bakterie chemoautotroficzne – energię chemiczną, obie grupy organizmów metabolizują to „pożywienie” dla pozyskania energii dokładnie tak samo, jak czynią to zwierzęta. Przy braku tlenu niektóre bakterie mogą wykorzystywać inne akceptory elektronów w procesach metabolicznych. Jednakże mechanizm powstawania energii (tworzenie ATP dzięki transportowi elektronów) pozostaje ten sam.

<sup>5</sup> Dla przykładu: ludzie wydalają 97% N, 94% S, 64% P i 17% Ca w postaci rozpuszczalnej w moczu [15], a tylko 1,4% Cu, 1,6% Fe, 0,81% Mn i 3,6% Zn wydalanych jest w takiej właśnie formie (należy przypuszczać, że u ryb jest podobnie).

**Pytanie:** To naprawdę zabawne, że każdy artykuł o roślinach, jaki się przeczyta, mówi, że nie rosną dobrze bez nawożenia mikroelementami. A potem człowiek stara się je znaleźć i okazuje się, że nikt o takich nawozach nie słyszał albo są zbyt drogie i nie można sobie na nie pozwolić. Musi być jakiś inny sposób na zdobycie żelaza i pierwiastków śladowych, który jednocześnie nie szkodziłby rybom. Ale jaki?

**Odpowiedź:** Gleba i pokarm dla ryb...

„Najzwyklejsze” rodzaje gleby zawierają olbrzymie ilości żelaza i innych mikroelementów. Poza tym, gdy gleba zostanie zalana w zbiorniku, panujące w niej warunki beztlenowe sprawiają, że pierwiastki śladowe staną się dla roślin łatwo dostępne.

Pokarm dla ryb to także doskonały nawóz. Nie tylko zawiera wszystkie składniki pokarmowe potrzebne roślinom, nie wyłączając węgla i pier-

wiastków śladowych, ale jednocześnie jest stosunkowo bezpieczny. Ponieważ składniki te są uwalniane powoli w wyniku przemian metabolicznych ryb i bakterii, prawdopodobnie wpływają na rośliny lepiej niż duże dawki nieorganicznych nawozów wprowadzane w odstępach tygodniowych lub miesięcznych. I jest to tanie.

Moim zdaniem, jeśli stężenie azotu azotanowego wynosi przynajmniej 2 mg/l (ppm), a podłoże w zbiorniku zawiera warstwę gleby, składników pokarmowych powinno tam być pod dostatkiem. Akwarysta musi sam osądzić, jak często trzeba sprzątać w akwarium. Ale z pewnością niewiele się zyska, obniżając stężenia składników pokarmowych poprzez oszczędne karmienie ryb, częste podmiany wody i odmulanie podłoża, a następnie dodając je w postaci nawozów dla roślin (dla mnie to wygląda na ogrom zbytecznej pracy).

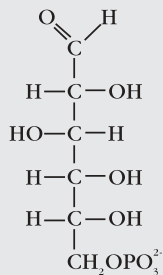
zapasy węgla na 25 miesięcy wydają się odpowiednie, pierwiastek ten będzie stopniowo zużywany.

Znaczna część węgla w glebie występuje w formie organicznej i jest uwalniana jako  $\text{CO}_2$  podczas

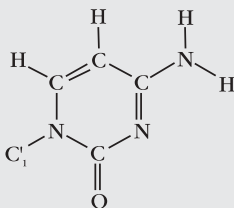
rozkładu. Dwutlenek węgla powoli wydzielany jest do wody i rośliny mogą wykorzystywać go do fotosyntezy. Aby obliczyć, jak szybko węgiel z gleby będzie uwalniany, wykorzystałam opisane dla pewnych osa-

**Pytanie:** Nie mam pojęcia, skąd się bierze Twój pomysł, że węgiel z pokarmu dla ryb przechodzi w  $\text{CO}_2$ ? Jest nieprawdopodobne, by węgiel tak po prostu pływał sobie jako czysty pierwiastek. Węgiel to nie  $\text{CO}_2$ . Z Twoich słów wynika, że powinniśmy po prostu wsypać do zbiornika trochę węgla aktywnego i, bum, od razu mamy **pełno dwutlenku węgla**. Ale przecież tak się nie dzieje.

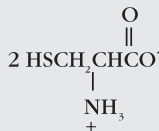
**Odpowiedź:** Węgiel w postaci węgla aktywnego, diamentu czy grafitu jest chemicznie obojętny. Organizmy nie są w stanie rozbić silnych wiązań węgiel-węgiel w tych substancjach. Węgiel, o którym myślę, pochodzi z węgla organicznego, zawartego w biocząsteczkach wytwarzanych przez organizmy żywe. Przykładami takich cząsteczek są cukry, nukleotydy i aminokwasy. Organizmy żywe z łatwością przerabiają takie związki na  $\text{CO}_2$ .



glukoza-6-fosforan



cytozyna



cysteina

**Tabela V-4. Zasoby zawartych w glebie pierwiastków w odniesieniu do akwariu doświadczalnego.**<sup>6</sup>

Pierwiastek	Mediana stężenia [mg/kg]	Zapasy w glebie [miesiące]
B	20	7700
C	20000	25
Ca	15000	2700
Cu	30	18800
Fe	40000	330000
K	14000	875
Mg	5000	2500
Mn	1000	125000
Mo	1,2	4000
N	2000	63
P	800	290
S	700	440
Zn	90	5600

dów jeziornych tempo wydzielania wynoszące 0,23 g CO<sub>2</sub> na dzień na kilogram [17]. Osady tamte zawierały umiarkowaną ilość materii organicznej (9,3%) i zapewniały wspierały wzrost roślin wodnych. Stosując ten przelicznik, obliczyłam, że 10 kg gleby w zbiorniku będzie wydzielalo 69 g CO<sub>2</sub> miesięcznie:

$$0,230 \text{ g CO}_2/\text{kg osadu}/\text{dzień} \times 10 \text{ kg osadu} \times 30 \text{ dni}/\text{miesiąc} = 69 \text{ g uwolnionego CO}_2/\text{miesiąc}$$

Węgiel stanowi 27,3% masy dwutlenku węgla. Zatem 69 g CO<sub>2</sub> oznacza 18,8 g C uwolnionego w ciągu miesiąca. Skoro 1 kg gleby zawiera 20000 mg C (Tabe-

la V-4), całkowita ilość węgla w 10 kg gleby w zbiorniku doświadczalnym wynosi 200000 mg (200 g). Jeśli węgiel jest uwalniany z gleby w tempie 18,8 g miesięcznie, to będzie ona dostarczała tego pierwiastka roślinom mniej więcej przez 11 miesięcy (200 g / 18,8 g = 10,6 miesięcy).

## D. Woda jako źródło składników pokarmowych dla roślin

Mniej więcej połowa ludności USA, zwłaszcza na obszarach wiejskich, czerpie wodę pitną z wód podziemnych (ujęcia prywatne i publiczne), a druga połowa, na ogół z dużych miast, z wód powierzchniowych (rzeki, zbiorniki itd.) po ich uzdatnieniu. Trudno uogólniać stężenia składników pokarmowych w wodzie pitnej, ponieważ są one w dużym stopniu uzależnione od rodzaju ujęcia (studnie a zbiorniki powierzchniowe), sposobu uzdatniania i transportu (metalowe rury itd.) oraz miejsca pochodzenia. Woda podziemna zawiera na ogół więcej składników pokarmowych, zwłaszcza Ca, Fe, K, Mg, Mn, S i Zn, niż woda w mieście. Ponadto pewne zabiegi uzdatniające będą usuwały z niej metale ciężkie, w tym przede wszystkim: Fe, Mn, Cu i Zn. Tabela V-5 zawiera dane o zawartości składników pokarmowych, jakie można spotkać w wodzie pitnej.

### 1. Twardość wody i „składniki pokarmowe wód twardych”

Formalnie rzecz biorąc, *twardość* jest miarą stężenia wapnia i magnezu w wodzie, przy czym ten pierwszy na ogół przeważa.<sup>7</sup> Nie mówi to nic o koncentracji wodorowęglanów, chloru, potasu czy siarki,

<sup>6</sup> „Mediana stężenia w glebie” wg pracy: Bowen [16]. Do wyjaśnienia obliczeń w kolumnie „Zapasy” za przykład wezmę żelazo (Fe). Skoro kilogram suchej gleby zawiera przeciętnie 40000 mg żelaza, w 10 kg będzie go 400000 mg (10 kg × 40000 mg/kg). Zawartość 400000 mg Fe podzielona przez 1,2 mg (miesięczne zapotrzebowanie na ten pierwiastek; patrz Tabela V-1) daje nam zapas żelaza na 330000 miesięcy.

Stężenie żelaza w różnych typach gleb wynosi od 2000 do 550000 [16]. Nawet gdybyśmy wykorzystała 10 kg gleby o najniższym stężeniu Fe (2000 mg/kg), taka ilość zapewniłaby jego zapasy na 17000 miesięcy.

<sup>7</sup> *Twardość* określa stężenie wapnia i magnezu; często wyraża się ją jako GH lub wartość ppm dla węglanu wapnia (CaCO<sub>3</sub>) (patrz s. 174 – o klasyfikacji twardości wody). W przyrodzie twardość wody zazwyczaj pozytywnie koreluje z pH, zasoleniem, przewodnością i zasadowością.