

Oddychanie bez tlenu

TERESA WŁODARCZYK
 MAŁGORZATA BRZEZIŃSKA
 Instytut Agrofizyki, Lublin
 Polska Akademia Nauk
 t.wlodarczyk@demeter.ipan.lublin.pl
 m.brzezinska@demeter.ipan.lublin.pl

Niewidoczne dla oka mikroorganizmy, których miliardy zamieszkują każdy gram gleby, mogą mieć wpływ na procesy globalne, takie jak zawartość gazów cieplarnianych w atmosferze

Już w 1827 r. Fourier, a w 1896 r. Arrhenius wysunęli hipotezę, że temperaturę przyjazną dla życia na naszej planecie zawdzięczamy gazom atmosferycznym ograniczającym wypromieniowanie energii do przestrzeni kosmicznej. Rzeczywiście, gdyby nie dwutlenek węgla, klimat na Ziemi byłby znacznie bardziej surowy, średnia temperatura zamiast $+15^{\circ}\text{C}$ wynosiłaby -18°C .

Zawartość CO_2 w powietrzu to tylko około 0,03%, jednak nawet ta minimalna ilość przyczynia się do powstawania tzw. efektu cieplarnianego. Korelację pomiędzy wzrostem stężenia CO_2 w powietrzu a wzrostem średniej temperatury globalnej udowodniono doświadczalnie. Dzisiaj wiadomo, że efekt ten wywołują również inne gazy, między innymi tlenek azotu(I) - N_2O , metan - CH_4 i freony. Mimo że stężenia tych gazów są niższe od stężenia CO_2 , wpływają one istotnie na środowisko.

Znaczący udział w tworzeniu efektu cieplarnianego ma człowiek: przemysł, zużycie paliw, emisja gazów z wysypisk śmieci, zjawiska zachodzące na terenach rolniczych, nieracjonalne nawożenie, likwidacja lasów, hodowla bydła itp. Niewątpliwym wpływ na ten stan rzeczy miał gwałtowny wzrost zużycia nawozów azotowych w latach 70. XX wieku, związany głównie z gwałtownym przyrostem ludności świata.

Rolnictwo zanieczyszcza atmosferę głównie przez emisję tlenku azotu(I) - zwłaszcza w wyniku stosowania nawozów azotowych, oraz metanu i amoniaku. Gleba w całości może wyemitować do 56% całkowitej ilości uwalnia-



Gwałtowny wzrost zużycia nawozów azotowych w rolnictwie w latach 70. XX wieku przyczynił się do zwiększenia emisji gazów cieplarnianych i eutrofizacji wód

nego N_2O do atmosfery, w tym gleby pokryte roślinnością naturalną (m.in. łąki, pastwiska) do 40% oraz nawożone gleby uprawne do 14%.

Gleba to materia całkiem wyjątkowa. Jest trójfazowa (fazy stała, ciekła i gazowa), zmienna w czasie i przestrzeni. Zawiera cząstki mineralne o różnym kształcie i wielkości, zlepiające się ze sobą oraz z substancją organiczną w nieregularne i porowate agregaty. Każdy jej gram zasiedlają miliardy mikroorganizmów. Procesy życiowe drobnoustrojów glebowych są istotnym elementem każdego cyklu biogeochemicznego. Gdyby gleba była jałowa, nie spełniałaby swej ważnej funkcji, jaką jest dostarczanie roślinom składników pokarmowych. Posiada ona jeszcze jedną szczególną cechę: zachowuje *continuum* życia praktycznie w każdych warunkach fizycznych i chemicznych. Jeśli wskutek zalania wodą wyczerpie się tlen niezbędny dla mikroorganizmów tlenowych, ich miejsce zajmują beztlenowce. To właśnie w warunkach beztlenowych następuje intensywna produkcja „gazów szklarniowych”.

Elektrony do wzięcia

Wiele mikroorganizmów dysponuje niezwykłą umiejętnością oddychania beztlenowego. Podczas oddychania komórkowego elektrony wędrują po tzw. łańcuchu oddechowym, a w trakcie tej wędrówki uwalniana jest energia. Na końcu łańcucha musi znajdować się „odbiorca” wędrujących elektronów (tak zwany akceptor), którym w przypadku oddychania tlenowego jest tlen, a rezultatem przyłączenia elektronów jest powstanie cząsteczki wody. Niekiedy inne cząsteczki niż tlen zbierają elektrony – zachodzi wtedy oddychanie beztlenowe. Jednym z procesów przebiegających w warunkach obniżonego stężenia tlenu jest denitryfikacja, w czasie której bakterie wykorzystują utlenione formy azotu jako ostateczne akceptory elektronów. Produktem tego procesu jest azot cząsteczkowy N_2 lub tlenek azotu(I) – N_2O , jeden z gazów cieplarnianych. Na proces denitryfikacji wpływają głównie trzy czynniki: stężenie tlenu w glebie, zawartość azotanów(V) oraz dostępność węgla organicznego.

1000 profili

W naszych badaniach chcieliśmy określić, jak różne dawki nawożenia azotowego wpływają na emisję N_2O w zależności od rodzaju gleby. Spośród około 1000 profili glebowych zgromadzonych w Banku Gleb Mineralnych Polski w Instytucie Agrofizyki PAN wybraliśmy dwie gleby brunatne (umownie nazwane B-1 oraz B-2). Gleby te wyraźnie różniły się tylko pod względem naturalnej zawartości azotanów(V). Próbkę glebową inkubowano w warunkach pełnego zalania wodą (wariant kontrolny) oraz roztworami azotanów(V) o stężeniu 25, 50, 100, 300 oraz 500 mg $N-NO_3^-$ na kilogram suchej masy gleby. Wydzielanie tlenu azotu(I) w przypadku gleby B-1 było tym większe, im więcej azotanów dostarczono do gleby, do pewnej wartości granicznej – dopiero dawki powyżej 100 mg $N-NO_3^- kg^{-1}$ nie powodo-



Krzysztof Kalinski

Gleba to całkiem wyjątkowa materia trójfazowa, której każdy gram zawiera miliardy mikroorganizmów mających znaczący wpływ na jej właściwości

wały zwiększenia ilości wyprodukowanego N_2O . A zatem glebę typu B-1 możemy zaliczyć do gleb zasiedlonych przez aktywne mikroorganizmy denitryfikacyjne, zdolne do emisji N_2O . W glebach o zbliżonych właściwościach do gleby B-1 w sprzyjających warunkach dla rozwoju takich bakterii (nadmierna wilgotność, niedotlenienie) każda dawka nawozów azotowych stosowana obecnie w rolnictwie może być potencjalnie wykorzystana w procesie denitryfikacji, co pociąga za sobą zwiększenie emisji gazu cieplarnianego, tlenku azotu(I).

Zupełnie inaczej reagowała gleba B-2. Ilość dodanego azotanu(V) nie miała praktycznie żadnego wpływu na emisję N_2O i przebiegała we wszystkich wariantach na poziomie gleby kontrolnej. Naturalna zawartość azotu azotanowego w tej glebie była przy tym wyjątkowo wysoka. A zatem azotany wniesione do gleb typu B-2 nie stanowią istotnego zagrożenia dla środowiska naturalnego z punktu widzenia „efektu szklarniowego”. Należy jednak pamiętać, że azot azotanowy może stwarzać inne zagrożenie – przenikając do wód gruntowych i zbiorników wodnych, powodować ich eutrofizację.

Niecały wyprodukowany w glebie gaz szklarniowy uwalniany jest do atmosfery. W niższych warstwach gleby lub lokalnie, w miejscach o obniżonym stężeniu tlenu, tlenek azotu(I) może być ponownie włączony w cykle biochemiczne. I w tym przypadku badane przez nas gleby różnią się między sobą: zjawisko to obserwujemy w glebie B-1, natomiast w B-2 sorpcja zachodzi tylko w próbie o naturalnej zawartości azotanów(V).

Pozornie niewielka różnica pomiędzy dwiema badanymi glebami brunatnymi okazuje się znacząca w przebiegu procesu denitryfikacji. Takie różnice należy uwzględnić przy szacowaniu emisji N_2O z gleby i związanych z nią konsekwencji dla środowiska. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Gliński J., Stępniewski W. (1985). *Soil Aeration and its Role for Plants*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Włodarczyk T. (2002). Nitrogen transformation and their circumstances in soils. *Acta Agrophysica*, 63, 123-158.
- Włodarczyk T., Stępniewski W., Brzezińska M., Stępniewska Z. (2004). Nitrate stability in loess soils under anaerobic conditions – laboratory studies. *J Plant Nutr Soil Sci*, 167, 693-700.