

AZOT JAKO SKŁADNIK KWASÓW PRÓCHNICZNYCH

WŁODZIMIERZ ŁOGINOW

Odrębności w gospodarowaniu na glebach lekkich rozciągają się również na problemy nawozowe, a w szczególności na zagadnienie nawożenia azotem. Słabe własności sorpcyjne tych gleb sprzyjają powstawaniu szkód koncentracyjnych u roślin przy wyższych dawkach nawozów mineralnych. Łatwa przepuszczalność sprzyja wypłukiwaniu mineralnych form azotu. Organiczne formy azotu, zarówno wprowadzone do gleby z obornikiem, nawozami zielonymi i resztkami poźniwnymi jak i powstałe wtórnie dzięki działalności mikroorganizmów stosunkowo szybko ulegają mineralizacji. Ilości azotu zmagazynowanego w postaci próchnicy są na glebach lekkich niskie i tym samym stwarzają zwykle gorsze możliwości regulacji ilości azotu dostępnego dla roślin. W rezultacie zaopatrzenie roślin w okresie wegetacji w bezpośrednio dostępne formy azotu jest na glebach lekkich wybitnie nierytmiczne. Próby poprawy tego stanu rzeczy idą jak dotąd głównie w dwóch kierunkach: podziału dawek nawozów azotowych i zwolnienia tempa mineralizacji nawozów organicznych przez modyfikację techniki ich stosowania lub przygotowywania. Pierwszy z tych kierunków jest rzecz jasna rozwiązaniem tylko połowicznym, napotykałym często na duże trudności agrotechniczne i organizacyjne. Generalnym rozwiązaniem problemu byłoby wprowadzenie do gleby nawozów w których azot byłby uruchamiany stopniowo, w sposób zharmonizowany z tempem rozwoju roślin. Takiemu rozwiązaniu poświęca się obecnie coraz więcej uwagi przy czym obok prób otrzymania odpowiadających postawionym wymaganiom sztucznych nawozów azotowych należy wspomnieć tu i o próbach modyfikacji w przygotowywaniu naturalnych nawozów organicznych.

W związku z tym specjalnej wagi nabierają badania nad dynamiką przemian zapasowych form azotu glebowego a więc azotu próchnicy.

Jak wykazały liczne badania azot próchnicy nie jest jednolity zarówno pod względem chemicznym jak i biologicznym. W substancjach próchnicznych spotykamy azot związany heterocyklicznie, azot aminowy i amidowy. Jak stwierdzono azot aminowy może występować zarówno jako

wbudowany w rdzeń cząstki próchnicznej jak i w postaci związanych w bliżej nieokreślony sposób z całością cząstki aminocukrów i aminokwasów czy nawet białek. W pracach dr Misterskiego i moich przyjęliśmy jako podstawę dla pewnego usystematyzowania licznych składników, jakich konglomeratem jest cząstka próchnicy, podział na jądro huminowe i ulegające odczepieniu podczas hydrolizy części peryferyczne. Takie formy azotu jak azot aminocukrów, aminokwasów lub białek rozmieszczone są właśnie w części peryferycznej.

Pomiędzy częścią peryferyczną a nie związanymi z próchnicą składnikami brak jest ostrej granicy. Fakt ten stwierdzony początkowo dla składników mineralnych należy odnieść również do składników azotowych. Dotyczy to w szczególności białka glebowego którego powiązanie z próchnicą może być bardzo zróżnicowane. Należy podkreślić, że normalnie stosowane przy otrzymywaniu substancji próchnicznych metody ekstrakcji i wytrącania przez zakwaszenie nawet przy wielokrotnym powtarzaniu tych zabiegów nie prowadzą do całkowitego oddzielenia białka. Natomiast stosowanie łagodnej hydrolizy prowadzi już właściwie do rozbicia pierwotnej cząstki próchnicznej. Tym samym należałoby jej przypisać — zbliżając się do terminologii Waksmana — charakter kompleksu huminowo-proteinowego czy wręcz mówić o humo-proteidach.

Połączenie z próchnicą zahamowuje w sposób wyraźny mineralizację składników azotowych. Mechanizm tego zjawiska nie jest jak dotąd zbadany. Trzeba jednak stwierdzić, że nie jest ono niczym zaskakującym w chemii białek gdzie znany jest choćby wpływ różnych mniej lub bardziej silnie związanych z białkiem substancji na zahamowanie denaturacji, która jak wiadomo ułatwia a często w ogóle umożliwia rozkład enzymatyczny białka.

W doświadczeniach nad rozkładem i przemianami wyizolowanych z gleby substancji próchnicznych pewne trudności nastęrcza konieczność operowania niskimi stężeniami dla umożliwienia rozwoju mikroorganizmów. Trudności te usuwano w naszych doświadczeniach na dwóch drogach.

1. Osadzano substancje próchniczne na sztucznie sporządzonej mieszaninie piasku i części spławialnych gliny. Wadą tej metody była niemożliwość wyekstrahowania po zakończeniu okresu inkubacji całego materiału próchnicznego na skutek silnego powiązania sorpcyjnego z podłożem.

2. Wykorzystywano odwracalność koagulacji kwasów huminowych jonami wapniowymi.

Badane roztwory substancji próchnicznych koagulowano roztworem CaCl_2 unikając nadmiaru. Następnie dodawano sproszkowanego węglanu wapnia. Roztwór nad wytrąconym osadem pozostawał jedynie słabo za

barwiony i zawierał mało substancji próchnicznych. Równowaga między roztworem a osadem w takich warunkach ma charakter dynamiczny skutkiem czego do roztworu przechodzą wciąż nowe ilości pierwotnie wytrąconej substancji próchnicznej, — a substancja pierwotnie rozpuszczona ulega koagulacji. Po odpowiednio długim okresie zachodzące w roztworze przemiany dotyczą całości materiału próchnicznego.

W doświadczeniach z wyizolowanymi substancjami próchnicznymi stosowano zaszczepianie wyciągiem wodnym z żyznej gleby.

Niezależnie od doświadczeń z wyizolowanymi substancjami próchnicznymi prowadzono także doświadczenia z całością gleby.

We wszystkich doświadczeniach stwierdzono po 6-tygodniowej inkubacji ubytek substancji próchnicznych wahający się w granicach 10—30%.

Ubytek ten dotyczył jak stwierdzono głównie składników hydrolizujących. Obecność węglowodanów w pożywce zmniejszyła ubytek substancji próchnicznych. Doświadczenia prowadzone z substancją próchniczną pozbawioną częściowo składników hydrolizujących przez ogrzewanie w ciągu 1 godziny z 6 n HCl wykazało nawet przyrosty masy substancji próchnicznej. Bilans masy jednego z doświadczeń (w %) podaje tabela uwzględniająca także zróżnicowanie formy azotu w pożywce.

Tabela 1

Bilans masy substancji próchnicznej (w %)
Die Bilanz der Humusstoffmasse (in %)

Rodzaj substancji próchnicznej	Pożywka bez węglowodanów		Pożywka z węglowodanami	
	azot mineralny	azot w postaci aminokwasów	azot mineralny	azot w postaci aminokwasów
Kwasy huminowe	—23,9	—19,8	—17,0	—10,8
Pozostałość hydrolityczna	+ 8,9	+17,3	+ 7,5	+18,9

Tabela 2

Bilans azotu próchnicznego (zmiany ilości w %) dla tego samego doświadczenia)

Die Bilanz des Humusstickstoffs (Mengeänderungen in %)

Rodzaj substancji próchnicznej	Pożywka bez węglowodanów		Pożywka z węglowodanami	
	azot mineralny	azot w postaci aminokwasów	azot mineralny	azot w postaci aminokwasów
Kwasy huminowe	—14,4	—1,9	—15,5	+18,7
Pozostałość hydrolityczna	+25,3	+59,6	+63,1	+81,7

Przyrost lub zmniejszenie ilości azotu dotyczyły niemal wyłącznie jego części hydrolizującej.

Tabela 3

% azotu w substancjach próchnicznych wyjściowych i otrzymanych
w wyniku doświadczenia

Die Stickstoffprocente in den Ausgangs- und in den im Versuchsergebnis
erhaltenen Humusstoffe

Rodzaj substancji próchnicznej	Materiał wyjściowy	Pożywka bez węglowodanów		Pożywka z węglowodanami	
		azot mine- ralny	azot w posta- ci amino- kwasów	azot mine- ralny	azot w posta- ci amino- kwasów
Kwasy huminowe	3,56	3,93	4,28	4,89	4,66
Pozostałość hydrolityczna	2,43	2,68	3,05	3,54	3,56

Z całego zebranego dotąd materiału doświadczalnego można wysnuć następujące wnioski.

1. Substancje próchniczne gleby ulegają w warunkach sprzyjających rozwojowi mikroorganizmów częściowemu rozkładowi. Niehydrolizujące składniki substancji próchnicznych są na rozkład znacznie odporniejsze — tak, że dotyczy on głównie części hydrolizującej. Dostarczenie innej pożywki węglowej np. w postaci węglowodanów lub aminokwasów hamuje rozkład substancji próchnicznej.

2. Równoległe z rozkładem zachodzą także procesy resyntezy hydrolizującej części próchnicy. W rezultacie przy dobrym zaopatrzeniu pożywki w azot może nastąpić wzrost procentowej zawartości tego składnika w substancji próchnicznej przy równoległym zmniejszeniu jej ilości. Wzbogaceniu próchnicy w azot sprzyja obecność w pożywce węglowodanów, względnie stosowanie pożywki azotowej w postaci aminokwasów.

3. W warunkach biotycznych możliwa jest resynteza składników hydrolizujących substancji próchnicznych pozbawionych ich uprzednio na drodze hydrolizy kwasowej.

4. Aktualny skład substancji próchnicznych jeżeli chodzi o zawartość składników hydrolizujących, a w tym także hydrolizujących składników azotowych, jest rezultatem równowagi pomiędzy procesami rozkładu i syntezy. Składniki hydrolizujące próchnicy są elementem dynamicznym. Wzbogacanie próchnicy w azot a prawdopodobnie i w inne składniki hydrolizujące jest związane z działalnością mikroorganizmów glebowych.

Sposób wiązania składników hydrolizujących z całością substancji próchnicznych w warunkach przeprowadzonych doświadczeń nie jest jeszcze wyjaśniony. Specjalną uwagę należy tu zwrócić na łączenie przez próchnicę substancji białkowych, mogące prowadzić do wzbogacenia jej w azot.

Wstępne doświadczenia wykazały, że wprowadzone do ekstraktu próchnicznego białka przy następującym wielokrotnym wytrącaniu przez ostrożne zakwaszenie i ponownym rozpuszczaniu w roztworze NaOH nie dają się niemal w 90% oddzielić od kwasów huminowych. Prowadzone są badania nad wyjaśnieniem charakteru tak powstałych połączeń czy mieszanin.

Nie można wykluczyć, że rola mikroorganizmów w przeprowadzanych doświadczeniach sprowadzała się wyłącznie do tworzenia białka, które następnie towarzyszyło kwasom huminowym we wszystkich operacjach przeprowadzonych dla ich wydzielenia i oczyszczenia. Należy tu zwrócić uwagę, że ilość azotu białkowego znaleziona w próbach kontrolnych (bez substancji próchnicznej) była znacznie wyższa niż w odpowiadających im próbach z substancjami próchnicznymi.

Celem dalszych badań jest stwierdzenie możliwości wzbogacenia gleb w wolno mineralizujące się składniki azotowe. Może to mieć miejsce przez wzbogacenie w azot próchnicy glebowej lub stosowanie odpornych na mineralizację nawozów próchnicznych o wysokiej zawartości azotu.

АЗОТ КАК ЭЛЕМЕНТ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Резюме

Азот гумуса обнаруживает большое разнообразие форм различающихся с химической и биологической точки зрения.

Соединение с гумусом отчетливо задерживает минерализацию азотных составных элементов.

Проведенные опыты по разложению и изменениям изолированных из почвы гуминовых веществ показали, что они подвергаются частичному разложению микроорганизмами. Это относится главным образом к гидролизующей части гумуса. Вносы какой-либо другой углеродной питательной среды задерживают ход процесса разложения.

Наряду с разложением происходят также процессы вторичного синтеза гидролизующей части гумуса. При соответственном обеспечении питательной среды азотом может произойти повышение процентного содержания этого элемента в гумусе с одновременным снижением его количества в среде. Повышению содержания азота в гумусе способствует наличие в среде углеводов или аминокислот.

Актуальный состав гумуса по отношению к содержанию гидролизующих элементов, в том числе и гидролизующих азотных соеди-

нений, является результатом уравновешения процессов разложения и синтеза.

Гидролизующие вещества гумуса являются динамичными элементами и повышение их содержания в перегное как и содержания азота обусловлено деятельностью микроорганизмов.

Гумус очень сильно вяжется с белками, вследствие чего может в нем повышаться содержание азота.

DER STICKSTOFF ALS BESTANDTEIL

Zusammenfassung

Humus-Stickstoff zeichnet sich in chemischer und biologischer Hinsicht mit bedeutenden Verschiedenheiten aus.

Die Verbindung mit dem Humus ruft eine deutliche Mineralisierungshemmung der Stickstoffsubstanzen im Humus aus.

Die über Zersetzung und Veränderungen der vom Boden abgesonderten Humusstoffen durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass sie der Teilzersetzung durch Mikroorganismen unterliegen. Lieferung eines anderen Kohlenährstoffs übt eine hemmende Wirkung auf Humuszersetzung aus.

Parallel mit den Zersetzungsprozessen erfolgen auch die Prozessen der Rücksynthese des hydrolisierenden Teils des Humusstoffes. Bei entsprechender Stickstoffversorgung des Nährstoffs kann eine Erhöhung des Prozentgehalts dieses Bestandteils im Humustoff bei gleichzeitiger Verminderung der Nährstoffmenge erfolgen.

Der Vergrößerung des Stickstoffgehalts im Humus trägt in erheblichem Masse im Nährstoff die Gegenwart der Kohlenhydrate bei.

Aktuelle Zusammensetzung von Hummusstoffen hinsichtlich des Gehalts hydrolisierender Elemente, davon auch hydrolisierender Stickstoff-Bestandteile ist ein Ergebnis des Gleichgewichts zwischen Zersetzungs- und Syntheseprozessen.

Die hydrolisierenden Humus-Bestandteile sind ein dynamisches Element und die Anreicherung des Humus an diesen Elementen, wie auch an Stickstoff, hängt von Mikroorganismen-tätigkeit ab. Der Humus verbindet sich sehr stark mit Eiweisstoffen, wobei auf diesem Weg eine Vergrößerung des Stickstoffgehalts in demselben eintreten kann.