

OLGIERD NOWOSIELSKI

## ZAGADNIENIA BADANIA POTRZEB NAWÓZOWYCH GLEB W STOSUNKU DO AZOTU

(Z Zakładu Chemii Rolnej SGGW—Warszawa)

Przygniatająca większość gleb polskich wymaga nawożenia azotowego. Jednak dla racjonalnej gospodarki nawozowej, zwłaszcza przy ograniczonych ilościach nawozów azotowych, ważne jest nie tylko to, czy gleba wymaga nawożenia, ale i to w jakim stopniu go wymaga. Liczne doświadczenia polowe z nawożeniem azotowym przeprowadzone w Polsce i zebrane przez różnych autorów (10, 20, 21, 41, 48, 52) pozwalają zorientować się w reakcji gleb polskich na nawożenie azotowe.

Omawiając wyniki około 300 doświadczeń z nawożeniem łąk N o w a k podaje, że w zależności od gleby zwyczajki plonów siana pod wpływem jednokowych dawek azotu (30 kg N/ha) wahały się od 5 do 287 kg na 1 kg N; około 10% gleb reagowało nieznacznie zwyczajką plonów siana na nawożenie; były to przeważnie niskie torfy świeżo wzięte pod uprawę. Najsilniej reagowały na nawożenie łąki położone na glebach górskich i łąki smużne. Podobnie duże wahania w reakcji roślin na nawożenie azotowe obserwuje się na glebach ornym. G ó r s k i i W ł o d e k podają, że w zależności od gleby przeciętne zwyczajki plonów pszenicy ozimej pod wpływem nawożenia azotowego wahały się od 4,6 do 18,1 kg/1 kg N. Obserwuje się tu dużą zależność tych wahań od typu gleby. Na czarnoziemach i innych glebach wytworzonych na lessach zwyczajki były najmniejsze, na cięższych glebach bielcowych większe, a na glebach brunatnych oraz piaszczystych bielcowych największe.

Podobne wyniki przytacza w swym zestawieniu S a l o n i. Zwyczajki plonów pszenicy pod wpływem 45 kg N/ha wahały się od 0 do 8—10 q/ha. Tutaj tak jak i w innych zestawieniach uderza fakt, że w zależności od gleby, przeciętne wahania zwyczajek plonów pod wpływem nawożenia azotowego są o wiele większe, niż pod wpływem nawożenia potasowego czy fosforo-

wego. Z zestawionych przez Salonię doświadczeń statycznych wynika, że w wypadku tej samej gleby reakcja na nawożenie azotowe zależy w dużym stopniu od przedplonu: najmniejsza jest po motylkowych, a największa po zbożowych.

Na 375 doświadczeń z burakiem cukrowym, zestawionych przez Starzyńskiego (średnia dawka azotu wynosiła 43 kg N na ha),

w wypadku	81	gleb	zwyżki	plonów	wynosiły	0 — 20	q/ha
	131	„	„	„	„	20 — 40	„
	74	„	„	„	„	40 — 60	„
	48	„	„	„	„	60 — 80	„
	14	„	„	„	„	80 — 100	„
	5	„	„	„	„	powyżej 100	„

I to zestawienie pozwala także obserwować zależność reakcji na nawożenie azotowe od typu gleby. Reakcja rośnie w kierunku od czarnoziemów i innych gleb wytworzonych z lessów, poprzez rędziny do bielicy w kulturze.

Znaczna część przytoczonych wyników dotyczy doświadczeń jednorocznych, które nie dają obrazu potrzeb nawozowych danej gleby na przestrzeni lat. Część jednak dotyczy doświadczeń statycznych, z których wynika, że potrzeby te w wypadku każdej gleby utrzymują się na podobnym poziomie, ulegającym większym zmianom jedynie w zależności od przedplonu.

Wyniki doświadczeń polskich jak również wielu obcych (33, 42, 43) wykazują więc zgodnie, że gleby wymagają nawożenia azotowego w bardzo różnym stopniu i że wymagania te są dość stałe i charakterystyczne dla każdej gleby.

Przypuszczalnie niejednakowa reakcja gleb na nawożenie azotowe jest spowodowana m. in. różną zawartością w nich azotu dostępnego (przez azot dostępny rozumie się tu tę ilość azotu, jaką roślina ma do dyspozycji w ciągu sezonu wegetacyjnego). Stąd też oznaczanie azotu dostępnego może mieć duże znaczenie dla oceny potrzeb nawozowych w stosunku do azotu.

Z oznaczaniem azotu dostępnego wiążą się jednak trudności metodyczne wynikające ze specyfiki przemian związków azotowych w glebie. Aby zdać sobie sprawę z tych trudności oraz ocenić możliwości opracowania metod oznaczania azotu dostępnego trzeba sięgnąć do nagromadzonych dotąd faktów, dotyczących losów azotu w glebie. Oto ważniejsze z tych faktów (znaczna ich część jest cytowana za Russell'em):

W glebie azot występuje: a) w związkach mineralnych, b) w związkach organicznych ulegających łatwo mineralizacji, c) w związkach organicznych ulegających bardzo wolno mineralizacji.

Azot mineralny występuje w glebie w bardzo małych ilościach w postaci amonowej lub azotanowej (37, 40, 47).

W glebach łąkowych większość azotu mineralnego (około trzy czwarte) występuje w postaci amonowej, a tylko niewielka część w postaci azotanowej. W glebach tych obie formy nie ulegają większym wahaniom w ciągu roku. Ilość azotu mineralnego jest więc w nich dość stała i w zależności od gleby wynosi od dziesiątych części miligrama do kilku miligramów na 100 g gleby. Nawożenie tych gleb nawet bardzo dużymi dawkami azotu zwiększa w nich ilość azotu mineralnego tylko na bardzo krótki okres czasu (47).

W glebach ornych ilość azotu amonowego jest kilkakrotnie mniejsza aniżeli w glebach łąkowych, ale także jest dość stała. Natomiast ilość azotu azotanowego jest bardzo zmienna i w ciągu roku w tej samej glebie może się wahać od dziesiątych części miligrama do 1—2 miligramów na 100 g gleby w przeciętnych glebach mineralnych i nawet do kilkunastu miligramów w czynnych glebach próchnicznych; wahania mogą zachodzić nawet z godziny na godzinę i głównie są wywoływane z jednej strony przez zmienną szybkość mineralizacji związków organicznych, z drugiej strony przez sorpcję biologiczną i wypłukiwanie azotanów do głębszych warstw gleby (47).

Dotychczas nie ustalono granicy między związkami organicznymi azotu ulegającymi łatwo mineralizacji a związkami ulegającymi bardzo wolno mineralizacji. Przypuszczalnie w zależności od warunków rozkładu granica taka może ulegać dużym przesunięciom. Wysuwano cały szereg koncepcji na temat, jakie związki należą do tej grupy.

Według Sch eff e r a i S c h m a f u s s a do związków tej grupy można zaliczyć związki organiczne azotu rozpuszczalne w osiemdziesięcioprocentowym kwasie siarkowym; byłyby to przede wszystkim związki białkowe wchodzące w skład tzw. humusu odżywczego — „Nährhumus” (47).

Uważa się często, że azot tej grupy pozostaje w pewnym związku z azotem ulegającym w glebie łatwo nitryfikacji (1, 4, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 27, 28, 38, 39, 50, 51, 58, 59) oraz z azotem związków ulegających hydrolizie pod wpływem 0,5 n kwasu siarkowego w ciągu 16—18 godz. (54, 55). Między ilościami azotu ulegającego w glebie łatwo nitryfikacji a ilościami azotu związków łatwo hydrolizujących ma istnieć pewna zależność (43, 59). Przypuszczalnie w skład związków azotu ulegających łatwo mineralizacji mogą wchodzić takie związki, z których korzystają łatwo organizmy niższe np. grzyby. Byłyby to różne prostsze związki organiczne, jak np. aminokwasy, amidy, niektóre białka.

Ilości azotu ulegającego łatwo mineralizacji z wielu względów ulega prawdopodobnie mniejszym wahaniom w czasie niż ilość azotu mineralnego. Związki, w których występuje ten azot, nie mogą być ani tak łatwo wymywane jak azotany ze względu na mniejszą ruchliwość, ani też nie są bezpośrednim źródłem azotu dla roślin. Prawdopodobnie ilość azotu tych

związków może zmniejszać się dzięki mineralizacji lub pobieraniu tych związków przez mikroorganizmy, a w odpowiednich warunkach wzrastać kosztem związków azotu ulegających wolno rozkładowi (47).

Do związków organicznych azotu ulegających wolno rozkładowi należą prawdopodobnie głównie związki próchniczne, wiążące w sobie niemal cały azot glebowy. Skład tych związków nie został dokładnie określony, ponieważ trudno jest je oddzielić z jednej strony od nie zhumifikowanej materii organicznej, z drugiej strony od związków azotu ulegających łatwo mineralizacji. Dotychczasowe sposoby identyfikacji tych związków opierają się na robieniu wyciągów w różnych zasadach i kwasach. Na tej podstawie związki te dzieli się na różne frakcje, takie jak np.: kwasy humusowe, fulwoki, różne związki poliuronowe, związki przejściowe. Mają one być zbudowane głównie z różnych pochodnych lignin wzbogaconych w azot oraz z różnych wydzielin bakterii typu białek i typu gum, jak spolimeryzowane kwasy uronowe i aminouronowe. F. Scheffler i K. Schmalfluss uważają za związki ulegające bardzo wolno rozkładowi tzw. Dauerhumus, tj. frakcję nierozpuszczalną w bromku acetylu (47). Pod wpływem gorących stężonych kwasów mineralnych związki ulegające trudno mineralizacji w większej części hydrolizują.

Pod wpływem mikroorganizmów ulegają one bardzo wolno rozkładowi. Fakt ten jest trudno zrozumieć, tym bardziej że w skład tych związków wchodzi dużo białek (około 30% azotu znajduje się w białkach), których wszystkie znane dotychczas formy są bardzo prędko mineralizowane po wprowadzeniu do gleby.

Dużą odporność tych związków na rozkład próbuje się tłumaczyć ostatnio wzajemną sorpcją ich powierzchni i kondensacją; oba te zjawiska mają zmniejszać powierzchnię, na jakiej mogą one być atakowane przez enzymy (47).

Sprzyjające warunki dla mineralizacji oraz dodatek do gleby związków organicznych łatwo ulegających rozkładowi znacznie przyspieszają rozkład związków ulegających bardzo wolno rozkładowi; dowiodły tego m. in. prace F. E. Broadbenta i A. G. Normana z  $N^{15}$  i  $C^{13}$  (47). W ten sposób może się zwiększać w glebie ilość związków azotowych, ulegających łatwo mineralizacji oraz ilość azotu mineralnego.

Bezpośrednim źródłem azotu dla rośliny jest głównie azot mineralny. Ilość azotu mineralnego, jaką roślina może mieć do dyspozycji w danej glebie w ciągu całej wegetacji, jest wypadkową wielu czynników. Zależy ona przede wszystkim od szybkości mineralizacji związków organicznych azotu oraz od ilości azotu mineralnego nagromadzonego głównie w formie azotanowej w podglebiu. Szybkość mineralizacji związków organicznych azotu zależy z kolei od ilości związków organicznych azotu ulegających łatwo mi-

neralizacji oraz od aktualnego tempa utleniania, które jest na ogół duże w glebach dostatecznie wilgotnych, przewiewnych. Ilość azotu mineralnego, jaka nagromadzi się w podglebiu, zależy od tych samych czynników co szybkość mineralizacji oraz od ich składu mechanicznego (17, 47).

W podobnych warunkach glebowo-klimatycznych ilość azotu, jaką roślina ma do dyspozycji, zależy od zawartości azotu ogólnego (4).

Z przytoczonych wyżej faktów wynika, że:

a) Ilość azotu mineralnego nie pozwala sądzić o azocie dostępnym — jest to wniosek ogólnie uznany (30, 58, 59). Zmienia się ona w czasie tak bardzo, że nie pozwala nawet sądzić o aktualnym zaopatrzeniu roślin w azot, ponieważ rośliny korzystają prawie wyłącznie z tej formy azotu i zmniejszają jego ilość właśnie wtedy, kiedy są dobrze zaopatrywane w azot (59).

b) Większe znaczenie może tu mieć oznaczanie sumy: azot mineralny + azot organiczny ulegający łatwo mineralizacji. Przypuszczalnie azot ten, jeśli pominąć azot podglebia, pokrywa się z azotem jaki roślina może mieć do dyspozycji w ciągu wegetacji. Stąd też nazwiemy go tu dla krótkości — azotem dostępnym.

Oznaczanie tego azotu napotyka jednak na trudność, jaką jest znalezienie i przeprowadzenie granicy między azotem organicznym ulegającym łatwo i trudno mineralizacji. Od sposobu jej rozwiązania zależy w dużej mierze wartość metod oznaczania azotu dostępnego. W proponowanych dotąd metodach, w zależności od ich założeń, trudność ta znalazła różne rozwiązanie.

Najstarszym i najpospoliciej stosowanym sposobem oceny potrzeb nawozowych jest obserwacja wyglądu roślin (intensywność zielonego koloru). Sposób ten jednak daje raczej spóźnioną informację o bieżących potrzebach nawozowych, niż o ilości azotu dostępnego.

Na inne możliwości biologicznego oznaczania azotu dostępnego dla oceny potrzeb nawozowych gleb zwrócili (26) uwagę L ö h n i s (1907), S c h a u s c h a c k (1908), D z i e ź b i c k i (1912). Schauschack opracował metodę opartą na prędkości zużywania  $O_2$  z  $H_2O_2$  przez organizmy glebowe. H o ł y ń s k i (1912) poprawił tę metodę i porównał ją z szeregiem doświadczeń polowych i lizymetrycznych, uzyskując dość dużą zgodność (25).

K ö n i g (1917) znajdował zależność między zawartością azotu ogólnego a potrzebami nawozowymi poszczególnych typów gleb. Za pomocą doświadczeń wegetacyjnych określał on, jaka część azotu ogólnego może być dostępna dla roślin.

F r a p s (1921) stwierdził w szeregu gleb stanu Texas pewną zależność między ilością azotu ogólnego, ilością materii organicznej, zdolnością nitryfikacyjną i potrzebami nawożenia azotem.

P o s t (1924) stwierdził duże wahania w zawartości azotu ogólnego w zależności od miejsca pobierania próbki; wahania te występowały nawet na powierzchni 1 m<sup>2</sup>. Wykazał on, że w celu scharakteryzowania zasobności gleby w azot trzeba pobierać próbkę mieszaną.

Próby oznaczania potrzeb nawozowych na podstawie ilości azotanów nie powiodły się (30). Podobnie nie udało się B o g d a n o w o w i i N e m e c o w i znaleźć bliższej zależności między zawartością w glebach azotu amonowego i azotanowego a potrzebami nawożenia azotem (5, 32).

W a k s m a n (1922) zaproponował oznaczać potencjalną zdolność gleb do nagromadzania azotanów i na tej podstawie sądzić o potrzebach nawozowych gleb (58). Metodą tą zajęli się B o Ź k o, W e r n a n d e r, K o s t i u c z e n k o (1939), wprowadzając do niej oznaczanie zasorbowanego jonu amonowego (59). Stosowali ją oni z powodzeniem do klasyfikacji gleb ukraińskich według żyzności i potrzeb nawozowych w stosunku do azotu.

P i c k n e y (1924) zaobserwował, że zawartość HCN w sorgu jest uzależniona od zawartości w glebie azotu dostępnego i zaproponował, by tę zależność wykorzystać do oznaczania ilości azotu dostępnego.

T i u r y n i K o n o n o w a (1934) opracowali metodę, w której o ilości azotu dostępnego sądzi się z ilości azotu związków ulegających hydrolizie w ciągu 16—18 godzin pod wpływem 0,5 n kwasu siarkowego (54, 55). Jest to, zdaniem autorów metody, azot prostszych związków ulegających łatwo mineralizacji oraz azot mineralny. Metodę tę sprawdzono na kilkudziesięciu glebach ZSSR z doświadczeniami polowymi i znaleziono wyraźną zależność między jej wskazaniem a reakcją gleb na nawożenie azotowe (43). Na tej podstawie opracowano liczby graniczne dla tej metody dotyczące gleb rosyjskich strefy nieczarnoziemnej.

S z i s z e ł o w a (1936) i M e h l i c h (1937) zastosowali do oznaczeń azotu dostępnego w glebie grzyby *Cunninghamella elegans*<sup>1</sup> (34, 53), którymi przedtem posługiwano się tylko do oznaczania dostępnego fosforu. O ilości azotu dostępnego sądzi się z wielkości średnicy grzybni rozwijającej się na powierzchni badanej gleby, nasyconej pożywką, zawierającą wszystkie potrzebne dla grzyba składniki z wyjątkiem azotu. Sziszłowa znajdowała w glebach rosyjskich dość ścisłą zależność między wskazaniem grzyba *C. elegans* a reakcją roślin na nawożenie azotowe.

Mehlich (1939) zajął się określeniem związków azotu, z jakich może korzystać grzyb *C. blakesleeana* (35). Z badań jego wynika, że związkami tymi są: związki mineralne, aminokwasy i inne związki organiczne ulegają-

---

<sup>1</sup> Opis tej metody i omówienie podaje A. P. K r i u c z k o w a w referacie: Mikrobiologiczieskije metody opriedielenija uswojajemych pitatel. wieszczestw w poczwie. — Agrohimičieskije metody issledowanija poczw. Moskwa 1954, Izd. A. N. SSSR.

ce łatwo mineralizacji. Z azotanów korzysta grzyb również dobrze przy wszystkich odczynach środowiska. Z pozostałych związków korzysta w różnym stopniu, w zależności od  $pH$  środowiska. Amino kwasy wykorzystywał najslabiej przy wartościach  $pH$  bliskich ich punktów izoelektrycznych.

Parker (1946) omawia dość wnikliwie zagadnienie możliwości badania potrzeb nawozowych gleb w stosunku do azotu (92). Dochodzi on do wniosku, że zagadnieniu temu powinno się poświęcić więcej uwagi.

Wernander (1946) porównuje na 30 glebach metodę Tiuryna i Kononowej z poprawioną metodą Waksmana. Nie znajduje on bliższej zależności między azotem związków ulegających łatwo hydrolizie a zdolnością nityfikacyjną w różnych typach gleb, natomiast zależność taką stwierdził on w ramach gleb tego samego typu. Zdaniem Wernandera zdolność nityfikacyjna gleb zależy od odczynu i własności fizycznych gleby, a nie tylko od ilości azotu związków ulegających łatwo hydrolizie. Przy określaniu potrzeb nawozowych gleb metodą Tiuryna zaleca on oznaczać dodatkowo  $pH$  i przewodność gleby.

McCool (1947) porównuje metodę *C. blakesleeana* z doświadczeniami polowymi, znajduje dość dużą zależność i na tej podstawie wysuwa dla gleb amerykańskich pewne liczby graniczne dla metody *C. blakesleeana*.

Allison i Sterling (1949) przytaczają cały szereg danych (61) świadczących o tym, że w podobnych warunkach klimatycznych w glebach o zbliżonych zawartościach azotu ogólnego — niezależnie od rodzaju uprawy — uruchamiają się jednakowe ilości azotu. Zaobserwowali oni jednocześnie, że istnieje zależność między zawartością azotu ogólnego a ilościami uruchamiającego się azotu i zdolnością nityfikacyjną gleb. Zdaniem ich zależność tę można z powodzeniem wykorzystać do badania potrzeb nawozowych gleb. Słuszność tego wniosku w przypadku gleb Wsch. Afryki potwierdziły w całej rozciągłości badania Bircha i Frienda (1956).

W Stanach Zjednoczonych Wooduff (1950) i Cornfield (1952) kontynuują badania Frapsa, szukając zależności między zawartością azotu ogólnego i materii organicznej a potrzebami nawozowymi poszczególnych typów gleb (7,60). Wymienieni badacze stwierdzili, że procent azotu ogólnego, uwalniającego się w formie dostępnej dla roślin w czasie sezonu wegetacyjnego, jest następujący: gleby pylasto-gliniaste (silt-loam) 1,5 do 3%, gleby gliniaste (clays, clay loam) 1,25 do 2,25, gleby piaszczyste i piaszki 4—6%.

Smith (1952) podaje, że w oparciu o te liczby i znajomość zawartości azotu ogólnego przewiduje się w stanie Missouri reakcję gleb na nawożenie azotowe, wykorzystując te przewidywania do celów praktycznych (50).

Kononowa i Łagunowa (1940) zastosowały z dużym powodzeniem zaproponowaną przez Waksmana metodę, opartą na zdolności

nitryfikacyjnej gleb, do oznaczania ilości azotu ulegającego łatwo mineralizacji. Ostatnio w Stanach Zjednoczonych zwrócono większą uwagę na tę metodę. Fitt (1952) oraz Fitt i inni (1953) znaleźli wyraźną zależność między potrzebami nawozowymi gleb stanu Jowa a wskazaniem tej metody (12, 13). Podobną zależność stwierdził M u s s o n (1954) w przypadku wielu innych gleb stanu Jowa (38). Fitt i inni (1955) przebadali bardzo szczegółowo warunki, w których przebiega najintensywniej nitryfikacja i na tej podstawie uprościli postępowanie w tej metodzie (14). Wprowadzenie zmechanizowania czynności pozwala na dokonywanie jednocześnie oznaczeń w wielu glebach.

St a n f o r d i H a n w a y (1955) dokonują dalszych uproszczeń metody (51). Oto opis jej wykonania w skrócie:

„glebę (10 g) odmywa się od azotanów i przy stałym uwilgotnieniu poddaje się w ciągu 2 tygodni inkubacji, po czym ponownie odmywa się ją od azotanów (przy pomocy podciśnienia). W przesączu oznacza się azotany: 2 ml przesącza odparowuje się do sucha, dodaje się 1 ml nasyconego roztworu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  i 1 ml kwasu fenolodwusiarkowego, po 10—15 minutach dodaje się 14 ml wody i 5 ml rozcieńczonego (2:1) wodorotlenku amonu i kolorymetrycznie odczytuje się intensywność żółtego zabarwienia.

Zdaniem F i t t a i innych autorów (13) w metodzie nitryfikacyjnej naśladuje się w przyspieszonym tempie proces, w wyniku którego w glebie uruchamia się azot. W przeciągu 2—3 tygodni w termostacie mineralizuje się tyle azotu, ile w warunkach polowych w ciągu kilku miesięcy.

H a n w a y (1948), A l l i s o n i S t e r l i n g (1949), B a r n e s (1950), F i t t s (1952), A n d h o r i a (1953), L a n d r a u (1953), i ostatnio H o n w a y i D u m e n i l (1955) oraz H a y n e s i T h a c h e r (1955) badali zmiany w zdolności nitryfikacyjnej gleb w czasie. Z ich publikacji wynika, że zdolność nitryfikacyjna gleb zależy w małym stopniu od ostatniego przedplonu (wyjątek stanowią rośliny motylkowe jako przedplon) i jest wielkością dość stałą, charakterystyczną dla każdej gleby. Na tej podstawie uważają oni, że metoda nitryfikacyjna daje obraz potrzeb nawozowych gleby co najmniej na kilka najbliższych lat. Przy ustalaniu dawki nawozów na podstawie wskazań tej metody zalecają oni jednak, by uwzględniać rodzaj przedplonu i wymagania pokarmowe rośliny nawożonej. Mały wpływ przedplonów motylkowych na zdolność nitryfikacyjną tłumaczy H a n w a y i D u m e n i l tym, że do próbek, które są małe, nie dostają się resztki poźniwe roślin.

H a n w a y i D u m e n i l stwierdzili dużą przydatność metody nitryfikacyjnej do badania potrzeb nawozowych gleb. Podają oni równanie, według którego oblicza się zależność między produkcją azotanów a zwykła-

mi plonów uzyskanymi pod wpływem wzrastających dawek nawozów azotowych:

$$\log y = \log [104 (1 - 10^{-0,003525x})] - 0,0098b_1,$$

gdzie  $y$  = przyrost plonów (w buszlach na akr), jakiego się oczekuje pod wpływem zastosowania  $x$  funtów azotu na akr, na glebie produkującej  $b_1$  ppm. N-NO<sub>3</sub>. Równanie to oddawało bardzo dobrze zależność między plonami a nawożeniem azotem, która występowała w setkach doświadczeń polowych z nawożeniem zbóż azotem.

Przydatność metody nitryfikacyjnej do przewidywania potrzeb nawożenia azotem potwierdzili także w całym szeregu doświadczeń polowych Stanford i Hanway (1955). Munson i Stanford (1955) ustalili statystycznie stopień zależności między produkcją azotanów a reakcją roślin na nawożenie azotowe. Zależność tę badali oni w przeszło 20 glebach dla 2 roślin (owies i jako poplon proso) przy 4 poziomach azotu, obliczając tzw. wartość N (N-value). Okazało się, że wartość N, która jest miernikiem ilości pobranego przez rośliny azotu, a więc miernikiem ilości azotu dostępnego, dobrze koreluje ze zdolnością nitryfikacyjną gleb i plonami roślin. Korelacja między N-wartością a N-NO<sub>3</sub> wyniosła  $r = 0,968$ , a między N-wartością a plonami  $0,943-0,942$ . (Wartość N obliczano tu w sposób analogiczny do tego w jaki Dean (8) obliczał wartość P dla fosforu). Słabsze korelacje stwierdzono między ilością azotu dostępnego a liczbami wskaźującymi na procent azotu ogólnego, uwalnianego w formę dostępną ( $r = 0,840$ ).

Truog (1955) zaproponował ostatnio nową metodę, polegającą na robieniu wyciągów frakcji azotu glebowego drogą destylacji NO z roztworu nadmanganianu potasu i bezwodnego węglanu sodu (56). Munson i Stanford podają jednak, że metoda ta daje małą zgodność z doświadczeniami wegetacyjnymi ( $r = 0,696$ ).

Część zaproponowanych metod nie stała się przedmiotem dalszych zainteresowań i nie była porównywana z doświadczeniami polowymi. Trudno jest więc ocenić ich wartość. Z założeń ich można sądzić, iż albo przeceniają one ilość azotu dostępnego (metody Waksmana, Koeniga, Kononowej), albo też granicę między ilością azotu łatwo i trudno ulegającego mineralizacji przesuwają zbyt daleko w stronę azotu mineralnego (metody biologiczne).

Metoda oparta na określaniu stopnia przyswajalności azotu ogólnego oraz metody *C. blakesleeana*, *C. elegans* i metoda Tiuryrna-Kononowej były przedmiotem nielicznych tylko prac. Trzy pierwsze z nich dawały wyniki w większej części zgodne lub prawie zgodne z reakcją roślin na nawożenie azotowe w polu (4, 9, 11, 33, 50, 60). Opinia o przydatności czwartej z nich

jest podzielona (43, 59). Na uwagę zasługuje prostota metody *C. blakesleeana* i *C. elegans*.

Najlepiej ugruntowaną opinię ma metoda nitryfikacyjna. Wartość jej sprawdzono w setkach doświadczeń polowych i wazonowych. W większości wypadków daje ona dobrą lub dość dobrą ocenę potrzeb nawożenia azotem. Warto podkreślić bardzo prędkie wzrost zainteresowania tą metodą (lata 1953—55) oraz zwrócić uwagę na jej założenia; przypuszczalnie w bardziej trafny sposób, niż inne metody dokonuje się rozdziału między azotem ulegającym łatwo i trudno mineralizacji.

We wszystkich cytowanych pracach poszczególnymi metodami stwierdzano w glebach różne ilości azotu dostępnego. Wyniki doświadczeń polowych przeważnie potwierdzały istnienie tych różnic. Na tej podstawie można sądzić, że rozgraniczenie między azotem łatwo i trudno ulegającym mineralizacji, a w związku z tym i opracowanie metod oznaczania azotu dostępnego jest możliwe. Przytoczone badania nad porównaniem metod oznaczania azotu dostępnego z doświadczeniami polowymi potwierdzają jednocześnie słuszność przypuszczenia, że oznaczanie azotu dostępnego może mieć duże znaczenie dla oceny potrzeb nawożenia azotem.

Oceny tej na podstawie zawartości azotu dostępnego nie można oczywiście dokonywać schematycznie. W danych warunkach glebowo-klimatycznych przy tej samej zawartości azotu dostępnego potrzeby nawożenia azotem mogą być różne w zależności od wielu czynników. Jednak praktycznie będą one zależały przede wszystkim od zawartości w glebie dostępnego fosforu i potasu (jeśli pominąć wysokość zamierzonych plonów). W glebach o małej zawartości tych składników w formie dostępnej już przy stosunkowo niewielkich ilościach azotu dostępnego nawożenie azotowe może nie wykazywać większego działania. Ze wzrostem zawartości w glebie dostępnego fosforu i potasu wzrastają również potrzeby nawożenia azotem i przy pewnych, odpowiednio dużych zasobnościach gleb w dostępny fosfor i potas nawożenie azotowe decyduje o wielkości plonów.

Na obecnym etapie rozwoju rolnictwa, zwłaszcza w krajach o niskich i średnich plonach, lecz o dużych zróżnicowaniach w naturalnej żyzności gleb, określanie potrzeb nawożenia azotem na podstawie zawartości azotu dostępnego może niewątpliwie przyczynić się do właściwej gospodarki nawozowej. Przypuszczalnie jednak w miarę wzrostu plonów, drogą stosowania coraz obfitszego nawożenia, tego rodzaju badanie potrzeb nawozowych w stosunku do azotu, podobnie jak i w stosunku do innych składników pokarmowych, będzie traciło na znaczeniu.

W miarę wzrostu plonów może nabierać znaczenia inny kierunek badań potrzeb nawozowych, a mianowicie śledzenie i przewidywanie okresów najefektywniejszego działania nawożenia pogłównego. W praktyce do

celu tego wykorzystuje się sposób sądzenia o potrzebach nawożenia z wyglądu roślin. Sposób ten jednak ma zasadniczą wadę. Stosowanie bowiem środków zaradczych dopiero po wystąpieniu objawów niedostatku azotu może być często zabiegiem zbyt opóźnionym. Jak wiadomo, opóźnienie w dostarczeniu roślinie azotu odbija się ujemnie na plonach, przy czym skutków tego opóźnienia nie można później usunąć nawet obfitym nawożeniem azotowym.

Z doświadczeń amerykańskich (2) wynika, że sposób nawożenia, przy którym uwzględnia się aktualne ilości azotu dostępnego w glebie, pozwala na uzyskiwanie takich samych zwyżek plonów przy pomocy dwukrotnie niższych dawek nawozów, o ile się je stosuje we właściwym czasie.

#### BADANIA WŁASNE

##### Zastosowanie grzyba *Cunninghamella elegans* do oznaczania azotu dostępnego

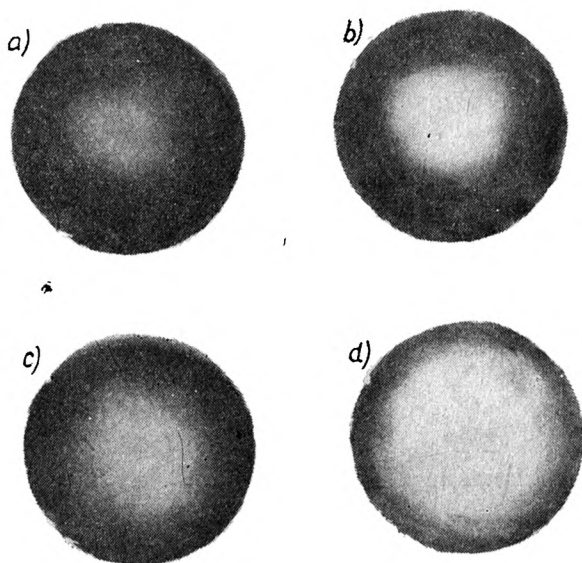
Z metod oznaczania azotu dostępnego szczególną prostotą wykonania odznacza się metoda *C. blakesleeana*. Niejako analogiczna do tej metody jest metoda *Cunninghamella elegans*. Metoda *C. elegans* jest dość dobrze rozpracowana (18, 19, 36) i przypuszczalnie dokładniejsza (11), służyła jednak dotąd u nas tylko do oznaczania dostępnego fosforu. Postanowiliśmy więc sprawdzić jej przydatność także i do oznaczania „dostępnego azotu”.

##### Badania związane z dostosowaniem metody *C. elegans* do oznaczania dostępnego azotu

Możliwość zastosowania grzyba *C. elegans* do badania azotu dostępnego zależała od wymagań pokarmowych *C. elegans* w stosunku do azotu. Na wstępie więc przystąpiono do ich poznania. W tym celu założono doświadczenie, w którym *C. elegans* rósł na glebach ze wzrastającymi dawkami azotu w postaci  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Pobrano tu gleby wybitnie ubogie w azot. Warunki wzrostu, jakie stworzono grzybowi, były takie same, jak w metodzie *C. elegans* (36) przy oznaczaniu dostępnego fosforu. Różniły się jedynie tym, że z pożywki, jaką nasycano gleby, wyłączono azot, wprowadzając na jego miejsce fosfor w ilości 10 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4/1$  l. Reakcję grzyba na azot oceniano na podstawie wielkości średnicy grzybni po 46 godzinach inkubacji. Wyniki doświadczeń zamieszczono w tabl. 1 i na rys. 1.

Widać z nich, że *C. elegans* przy zbyt małych ilościach dostępnego azotu nie rośnie w ogóle (kombinacja 0). Dodatek azotu w ilości 1 czy 3 mg/100 g gleby zwiększa znacznie jego średnicę, która przy większych dawkach za-

krywa całą lub prawie całą glebę. Oznacza to, że *C. elegans* jest bardzo wrażliwy na brak azotu, co stwarza możliwość dostosowania metody *C. elegans* do oznaczania dostępnego azotu w glebie. Związane z tym prace rozpoczęto od usunięcia z pożywki azotu i ustalenia optymalnej ilości fosforu. Fosfor można było wprowadzać wprost do gleby tak jak w metodzie *C. blakesleana* albo też wraz z pożywką. Stwierdzono jednak, że przy tym pierwszym



Rys. 1. Reakcja *C. elegans* na azot: a — wzrost grzyba na glebie z dodatkiem 1 mg, b — 3 mg, c — 5 mg, d — 10 mg N na 100 g gleby (w około dwukrotnym zmniejszeniu)

sposobie uzyskuje się gorszy wzrost grzybni (tabl. 4) i stwarza się dodatkowe czynnności nawożenia i mieszania fosforu z glebą. Dlatego postanowiono wprowadzać fosfor wraz z pożywką.

Optymalna ilość fosforu w pożywce. W celu ustalenia optymalnej ilości fosforu w pożywce założono doświadczenie z *C. elegans*, w którym przy kilku poziomach azotu stosowano wzrastające ilości  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  przy zawsze jednakowych ilościach pożywki, a następnie obserwowano wzrost grzybni. Wyniki zamieszczono w tabl. 2. Widać z nich, że na lekkiej glebie biellicowej ze Skierniewic uzyskuje się największe średnice grzybni przy stężeniach fosforu od 100 mg do 700 mg  $\text{P}_2\text{O}_5/100$  g, a na podglebiu bielicy pyłowej z okolic Warszawy i przy stężeniu fosforu od 40 do 300 mg  $\text{P}_2\text{O}_5/100$  g. Przy tym samym stężeniu fosforu średnice grzybni są zawsze większe na glebach z większymi ilościami azotu, jednak optimum stężenia fosforu nie ulega większym przesunięciom.

Na podstawie tych wyników około 200 mg  $P_2O_5/100$  g gleby, czyli około 18 g  $KH_2PO_4/1$  l pożywki uznano za optymalne stężenie fosforu.

Optymalne stężenie taniny. W związku ze zmianą pożywki musiano określić optymalne stężenie taniny. W tym celu założono doświadczenie, w którym *C. elegans* rósł na glebie lekkiej i ciężkiej — bez

Tablica 1  
Reakcja *C. elegans* na azot

mg N/100 g gleby	⊙ grzybni w mm*	
	Bielica lekka ze Skierniewic	Podglebie pyłowe z Rakowieckiej
0	miejsce szczepienia	miejsce szczepienia
1	12	10
3	24	20
10	35	33
20	50	45

\* Średnia z trzech powtórzeń.

dotanku azotu, ale przy wzrastających ilościach taniny w pożywce. Wyniki zamieszczono w tabl. 3. Widać z niej, że podobnie jak w metodzie *C. elegans* największe i jednocześnie najbardziej powtarzalne średnice uzyskują się przy 7 g taniny na 1 litr pożywki, to więc stężenie stosowano w dalszej części pracy.

Tablica 2  
Optymalna ilość  $KH_2PO_4$  w pożywce

mg $P_2O_5/100$ g gleby	⊙ grzybni* przy różnych ilościach N w mg N/100 g gleby			
	gleba skierniewicka		podglebie rakowieckie	
	25 mg	50 mg	5 mg	30 mg
0	14	15	5	5
5	—	—	17	22
10	33	35	20	33
25	37	43	23	41
40	—	45	25	60
100	40	48	28	60
200	45	50	—	—
300	45	50	28	55
700	45	48	21	30
1000	25	38	—	—

\* Średnia z trzech powtórzeń.

Czas wzrostu. Czas wzrostu ustalono obserwując w odstępach czasu średnicę grzybni, rosnącej na glebie ze wzrastającymi ilościami azotu. Wyniki zamieszczono w tabl. 4. Widać z nich, że przy małych ilościach

dostępnego azotu w glebie średnica grzybni po 35 i 40 godzinach wzrostu jest jednakowa. Natomiast przy większych jego ilościach średnica grzybni jest po 40 godzinach wzrostu znacznie większa niż po 35 godzinach. Dłuż-

Tablica 3  
Optymalna ilość taniny w pożywce

Tanina g/litr pożywki	⊙ grzybni w mm					
	gleba lekka			gleba ciężka		
0	18	21	25*	23	25	silne omszenie
5	22	23	25	26	27	28
7	23	25	24	34	35	35
9	21	22	23	29	30	31
11	18	20	22	22	23	24
15	5	5	6	7	8	8

\* Silne omszenie.

sze trwanie inkubacji wprowadzie zwiększa średnicę, ale zmniejsza dokładność odczytów. Dlatego też 40-godzinny czas wzrostu uznano za najodpowiedniejszy do dokonywania odczytów.

Tablica 4  
Wpływ czasu inkubacji i sposobu wprowadzania fosforu do gleby na średnicę grzybni przy wzrastających ilościach azotu w glebie

mg N/100 g gleby	⊙ grzybni w mm przy wprowadzeniu fosforu do gleby*			
	wprost		wraz z pożywką	
	po 35 godz.	po 40 godz.	po 35 godz.	po 40 godz.
0	4	4	4	4
1	10	10	15	16
2	15	15	22	25
3	16	17	23	26
4	21	23	23	28
6	22	25	28	32
10	26	30	29	40

\* Średnia z trzech powtórzeń.

Określeniem czasu inkubacji zakończono przystosowanie metody *C. elegans* do oznaczania dostępnego azotu w glebie, uzyskując w ten sposób „azotową” metodę *C. elegans*. Podobnie jak metoda *C. blakesleana* pozwala

la ona przez prosty pomiar grzyba sądzić o ilości dostępnego azotu w glebie. Różni się ona od fosforowej metody tylko tym, że 1) w pożywce zamiast azotu ma fosfor, 2) odczytów dokonuje się po 40 a nie 36 godzinach.

Oto jej opis w skrócie: powietrznie suchą masę gleby przesianą przez sito o  $\emptyset$  oczek 2 mm umieszcza się w małych szalkach Petriego i nasycza do około 60% maksymalnej pojemności wodnej pożywką *C. elegans*. Skład pożywki jest taki, jak w fosforowej metodzie *C. elegans* (18), z tym, że w miejsce 2,5 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  zawiera ona 18,0 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4/1$  l.

Powierzchnię gleby wygładza się szpachelką i szczepi pośrodku „papką” zarodników *C. elegans*. Płytki z zaszczepioną glebą umieszcza się w termo-

Tablica 5  
Dokładność i czułość przy różnych stężeniach dostępnego azotu w glebie

mg N/100 g gleby	① grzybni w mm			
	powtórzenia			
	I	II	III	IV
0	4	4	5	5
1	15	15	16	17
2	22	23	23	23
3	27	28	28	28
4	29	30	31	31
6	32	33	35	35
8	35	37	37	38
10	38	40	40	42

stacie w temperaturze 27—30°. Po 40 godzinach odczytuje się średnicę grzybni i z jej wielkości sędzi się o ilości dostępnego azotu w glebie.

#### Badania nad niektórymi cechami „azotowej” metody *C. elegans*

Przed zastosowaniem azotowej metody *C. elegans* do oznaczania postanowiono poznać jej dokładność i czułość oraz wpływ różnych związków azotu na średnicę grzybni.

**Dokładność i czułość.** Dokładność metody poznano obserwując równoległe oznaczenia (tabl. 5) przy różnych wielkościach grzybni. Okazało się, że zgodnie z przypuszczeniem dokładność wynosi około 10%. Można ją uważać za dostateczną, tym bardziej że metoda charakteryzuje się dużą czułością.



## Azot dostępny w glebach nawożonych i nie nawożonych azotem

Po skończeniu badań metodycznych postanowiono zorientować się, jak metoda ta ocenia gleby nawożone i nie nawożone azotem. W tym celu ozna-

Tablica 6

Wpływ różnych związków azotu na średnicę grzybni *C. elegans*

rodzaj związ- ku  mg N na 100 g gleby	NH <sub>4</sub> NO <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>	mocznik	NH <sub>4</sub> Cl	kwas glu- taminowy	kwas aspa- raginowy	mączka kostna	pepton
	⊙ grzybni w mm							
0	5	5	5	5	5	5	5	5
6	31	29	29	24	24	24	10	8
18	33	22	32	34	29	27	28	23

czano nią oraz, dla porównania metodą Tiuryna, azot w glebach pochodzących z trwałych pasów Pola Doświadczalnego w Skierniewicach, z kombinacji PK-NPK, CaPK-CaNPK, O-obornik. Kombinacje NPK i CaNPK otrzymują rocznie 45 kg N/ha; z obornikiem wnosi się około 60 kg N/ha. Kombinacja

Tablica 7

## Ilość dostępnego azotu w glebach pochodzących z trwałych pasów skierniewickich nawożonych i nie nawożonych azotem

Nazwa pasa	Kombinacja	Gleba bez dodatku N	+3mg N/100g	
		Tiuryn- Kononowa mg N/100g gleby	⊙ grzybni w mm	
A I	PK	3,7	10	26
	NPK	0,0	22	30
A V	CaPK	4,8	13	40
	CaNPK	8,0	27	40
D VI	CaPK	5,6	17	28
	CaNPK	6,6	26	32
D VI	O	5,0	22	31
	obornik	9,5	27	35
A X	CaPK	8,6	37	48
	CaNPK	9,2	42	50

cje te dają dość wysokie plony i po nawiezieniu prawdopodobnie w mniejszym stopniu wymagają azotu niż kombinacje PK, CaPK i O, które od lat są

wyczerpywane z azotu i dają niższe plony. Prócz tego oznaczano azot metodą *C. elegans* w glebach wszystkich kombinacji po uprzednim dodaniu 3 mg N jako  $\text{NH}_4\text{NO}_3/100$  g. Próbkę glebową pobierano w jednym czasie — wczesną wiosną po wysianiu nawozów. Oznaczeń dokonywano w 3 powtórzeniach. Wyniki zamieszczono w tabl. 7.

Widać z nich, że w glebach nawożonych azotem obie metody wykrywają znacznie więcej azotu niż w glebach nie nawożonych. Średnice grzybni na glebach z poletek nawożonych azotem wahały się od 22 do 40 mm, a metodą Tiuryna znajdowano 6,6 do 9,5 mg N/100 g gleby; na glebach z poletek nie otrzymujących azotu średnice były mniejsze od 20 mm, a metodą Tiuryna znajdowano mniej niż 5,7 mg N/100 g gleby. Wyjątek stanowi tylko kombinacja bezazotowa A X; jest to kombinacja, na której co kilka lat rosną rośliny motylkowe. Tu obie metody wykazały podobne ilości azotu na kombinacji nawożonej azotem i nie nawożonej.

Dodatek 3 mg N/100 g gleby powodował większe przyrosty średnicy grzybni na glebach nienawożonych niż na nawożonych azotem. Świadczy to o możliwości przeprowadzania mikrodoświadczeń nawozowych z *C. elegans* (49).

Uzyskane wyniki wskazują na zdolność metody azotowej *C. elegans* do odróżniania gleb nawożonych od nie nawożonych azotem oraz na pewną jej zgodność z metodą Tiuryna.

#### Azot dostępny w 75 różnych glebach oznaczony metodą *C. elegans* i Tiuryna-Kononowej

Większość gleb polskich wymaga nawożenia azotowego. W zależności od gleby nawożenie to daje bardzo różne zwyczki plonów; wahają się one od dużych do bardzo małych. Na niewielkiej części gleb (5—10%), przynajmniej w latach przeprowadzania doświadczeń, nie notowano w ogóle zwyczaj (10, 20, 21, 41, 48, 52).

Na podstawie literatury przytoczonej w pierwszej części pracy można przypuszczać, że ta różna reakcja gleb na nawożenie azotowe wiąże się z różnicami w zawartości azotu dostępnego.

W pracy niniejszej nie zamierzano sprawdzać, czy przypuszczenie to jest słuszne, lecz tylko sprawdzić, czy istnieją podstawy, by mogło ono być słuszne. W tym celu postanowiono zorientować się, czy i w jakim stopniu przypadkowo dobrane gleby polskie różnią się pod względem zasobności w azot dostępny.

Oznaczeń dostępnego azotu dokonano metodą *C. elegans* oraz dla porównania metodą Tiuryna-Kononowej. Wybierając jako porównawczą metodę Tiuryna-Kononowej nie znano jeszcze wtedy niestety metody nitryfikacyjnej, która niewątpliwie najlepiej nadawałaby się do tego celu.

Oznaczeń metodą Tiuryna-Kononowej dokonywano ściśle według wskazań autorów z następującymi wyjątkami: 1) redukcję azotanów i spalanie przeprowadzono w kolbach stożkowych o objętości 400—500 ml, a nie 100—200 ml, w celu zmniejszenia możliwości strat przez wypryskiwanie, 2) destylację przeprowadzono w zwykłym, a nie w półmikroaparacie Kjeldahla.

W wypadku torfów i niektórych innych gleb organicznych, ze względu na dużą ich chłonność, uzyskiwano mniej niż 50 ml przesączu. Wówczas pipetowano do erlenmeyerek całą ilość przesączu, jaką można było uzyskać, i przeliczano odpowiednio wynik miareczkowania.

Dostępny azot oznaczono w 75 różnych glebach pochodzących z województw: poznańskiego, zielonogórskiego i warszawskiego. Próbkę pobierano w różnym czasie, ale zawsze po żniwach na jesieni. Wszystkie próbki przechowywano jako powietrznie suche w jednakowych pokojowych warunkach. Oznaczeń dokonywano w 2 powtórzeniach metodą Tiuryna-Kononowej i w 3 powtórzeniach metodą *C. elegans*. Uzyskane wyniki oraz krótka nazwę gleb zamieszczono w tabl. 8. Ułożono w niej gleby według typów, a w ramach typów według składu mechanicznego, od lżejszych do cięższych.

By się lepiej zorientować w różnicach między glebami, gleby poszczególnych typów rozbito na 3 grupy zawierające według wyceny metodą Tiuryna-Kononowej: do 6,5 mg (A), od 6,5 — 10,0 mg (B), powyżej 10,0 mg N/100 g gleby oraz na trzy grupy o średnicy grzybni do 22 mm (a), od 22—30 mm (b), powyżej 30 mm (c). Ilość gleb jakie przypadają na poszczególne grupy przedstawia tabl. 9. Z tablicy 8 i 9 widać, że w ramach wszystkich typów, prócz gleb bagiennych, istnieją gleby o różnych ilościach azotu, według wyceny tak metodą *C. elegans* jak i metodą Tiuryna-Kononowej. Ilości te w glebach zasobniejszych są przeszło kilkakrotnie większe niż w glebach uboższych. Częściej można spotkać gleby uboższe wśród lżejszych gleb, a zwłaszcza wśród lżejszych gleb biellicowych i mań niż wśród pozostałych gleb. Zbyt mała ilość gleb poszczególnych typów nie pozwala wyciągnąć wniosków co do różnic między typami. W przebadanym materiale wyraźniejsze różnice nie wystąpiły. Jedynie torfy wybijają się wśród innych typów stosunkowo wysoką zawartością azotu: zgodne co do tego są obie metody.

Na pewne trudności natrafiono przy ocenie zgodności z jaką obie metody wskazują na różnice w ilości dostępnego azotu. Wyniknęły one stąd, że obie metody nie mają liczb granicznych opracowanych dla naszych warunków, na których by można było oprzeć ich porównanie. Metoda Tiuryna-Kononowej ma liczby graniczne opracowane dla gleb rosyjskich (43). Prawdopodobnie są one zbyt niskie i stąd nieodpowiednie dla naszych warunków.

Zawartość dostępnego azotu w 75 różnych glebach

Lp.	Gleba	Zawartość azotu według oceny:	
		metodą Tiuryna-Ko- nonowej mg N/100 g gleby	metodą <i>C. elegans</i> ⊙ grzybni w mm
	Gleby bielcowe		
1	Piasek luźny zbielicowany	3,9	5
2	Piasek luźny	18,0	31
3	Piasek słabo gliniasty zbieli- cowany	4,8	7
4	Piasek słabo gliniasty zbieli- cowany	17,4	31
5	Bielica lekka	5,2	5
6	Bielica lekka	6,5	20
7	Bielica lekka	7,4	22
8	Bielica lekka	5,5	21
9	Bielica lekka	7,5	22
10	Bielica lekka	5,4	7
11	Bielica lekka	6,5	14
12	Bielica lekka	4,8	7
13	Bielica lekka	16,6	21
14	Bielica lekka	7,8	23
15	Bielica lekka	6,8	23
16	Bielica lekka	10,8	41
17	Bielica lekka	8,0	27
18	Bielica lekka	7,4	23
19	Bielica lekka	7,7	26
20	Bielica średnia	7,0	32
21	Bielica średnia	7,5	24
22	Bielica średnia	24,0	38
23	Bielica średnia	27,0	25
24	Bielica średnia	8,9	32
25	Bielica średnia	12,0	25
26	Bielica średnia	8,0	27
27	Bielica średnia pylasta	40,7	30
28	Bielica pyłowa	40,0	26
29	Bielica pyłowa	27,0	29
30	Podglebie bielicy pyłowej	2,0	5
31	Bielica ciężka	8,3	35
32	Bielica ciężka	9,0	27
	Gleby brunatne		
33	Piasek brunatny luźny	7,5	16
34	Piasek brunatny luźny	6,5	24
35	Gleba brunatna lekka	5,8	22
36	Gleba brunatna lekka	8,0	24
37	Gleba brunatna lekka	5,6	24

c. d. tabl. 8

Lp.	Gleba	Zawartość azotu według oceny:	
		metodą Tiuryna Kononowej mg N/100 g gleby	metodą <i>C. elegans</i> $\odot$ grzybni w mm
38	Gleba brunatna lekka	19,0	32
39	Gleba brunatna lekka pylasta	34,0	30
40	Gleba brunatna średnia	8,6	27
41	Gleba brunatna średnia	7,7	30
42	Gleba brunatna średnia	6,9	26
43	Gleba brunatna pyłowa	6,1	22
44	Gleba brunatna ciężka	11,3	26
45	Gleba brunatna ciężka	8,5	30
46	Gleba brunatna ciężka	11,0	30
	Czarne ziemie		
47	Czarna ziemia lekka	7,2	18
48	Czarna ziemia lekka	7,3	26
49	Czarna ziemia średnia zdegradowana	7,2	23
50	Czarna ziemia średnia	9,6	24
51	Czarna ziemia średnia	5,1	7
52	Czarna ziemia średnia	8,3	30
53	Czarna ziemia ciężka	13,0	13
	Gleby bagienne		
54	Gleba mułowo-błotna	7,7	28
55	Gleba mułowo-błotna	7,9	20
56	Gleba mułowo-błotna	18,0	15
57	Gleba mułowo-błotna	9,0	6
58	Gleba mułowo-błotna	7,6	22
59	Gleba mułowo-błotna	9,6	29
60	Torf wysoki	27,0	25
61	Torf przejściowy	56,0	32
62	Torf niski	30,0	45
63	Torf niski	29,0	30
64	Torf niski	62,0	45
	Mady		
65	Mada piaszczysta	4,0	5
66	Mada piaszczysta z głębokości 40 cm	6,0	5
67	Mada piaszczysta próchniczna	8,0	5
68	Mada lekka próchniczna	10,6	27
69	Mada lekka próchniczna	18,0	12
70	Mada lekka próchniczna	9,0	5
71	Mada lekka	7,1	28
72	Mada średnia	17,0	5
73	Mada ciężka	6,4	25
74	Mada ciężka próchniczna	14,3	10
75	Mada ciężka próchniczna	8,8	32

Na ich podstawie zdecydowaną większość naszych gleb należałoby zaliczyć do gleb nie wymagających nawożenia azotowego, tj. do gleb zawierających powyżej 6 mg N/100 g.

Metoda *C. elegans* nie ma w ogóle liczb granicznych, natomiast analogiczna do niej metoda *C. blakesleeana* ma liczby graniczne np: 28—32 mm jest liczbą dzielącą gleby na wymagające wyraźnie i wymagające słabo lub nie wymagające w ogóle nawożenia azotowego; liczby te mogą być podobne do liczb dla metody *C. elegans*, ale zostały one opracowane dla gleb amerykańskich (33) i są one w dodatku mało sprawdzone z doświadczeniami polowymi; podobnie jak liczby graniczne dla metody Tiuryna. Stąd nie można na nich oprzeć porównania wyników obu metod.

Tablica 9

Udział gleb poszczególnych typów w grupach zasobności i zgodność metody Tiuryna-Kononowej i metody *C. elegans* w zaliczaniu gleb do „analogicznych” grup zasobności

Grupa zasobności Typ gleby	Ilość gleb zaliczanych do poszczególnych grup zasobności						Ilość tych samych gleb zaliczonych do „analogicznych” grup zasobności przez obie metody			Zgodność obu metod w %
	wg wyceny metodą Tiuryna-Konon.			wg wyceny metodą <i>C. elegans</i>						
	A	B	C	a	b	c	A i a	B i b	C i c	
Bielice	9	13	10	12	13	7	9	8	4	70
Gleby brunatne	4	6	4	3	10	1	2	5	1	57
Czarne ziemie	1	5	1	3	4		1	4	—	71
Gleby bagienne	0	5	6	4	4	3	—	2	3	45
Mady	3	4	4	7	3	1	1	1	—	27
Ogółem	17	33	25	29	34	18	13	20	8	53

Także nie sądzono, aby najwłaściwszym sposobem było porównywanie wyników obu metod za pomocą regresji lub korelacji — ze względu na różną ich czułość. Dlatego też oprócz obliczenia współczynników korelacji, który wyniósł tu  $r = 0,45$ , zgodność obu metod oceniono również i w ten sposób, że wyróżniono wśród gleb poszczególnych typów takie gleby, które należą jednocześnie do umownie przyjętych grup A i a, B i b, C i c i wyrażono ich ilość w procentach, przyjmując za 100 ogólną ilość gleby danego typu. Uzyskane w ten sposób liczby zamieszczono w tabl. 9.

Widać z nich, że około 53% gleb poszczególnych typów obie metody zaliczyły zgodnie do odpowiadających sobie grup zasobności A-a, B-b, C-c. Jedynie w przypadku mad zgodność ta wynosiła zaledwie 27%. Gleb zali-

czonych do jednakowych klas zasobności jest niemal 80%, jednak w przypadku tych gleb nie zawsze mniejszym średnicom grzybni odpowiadają mniejsze ilości mg N według wyceny metodą Tiuryna. Częściej wyniki metody Tiuryna są nieproporcjonalnie duże w stosunku do średnic grzybni niż odwrotnie.

Około 47% gleb obie metody zaliczyły do różnych grup zasobności, ale w tym tylko 6 gleb (8%) do krańcowo różnych grup zasobności. Tu również można zauważyć, że przeważnie tam, gdzie metoda Tiuryna wykazuje dużo azotu, grzyb wykazuje go mało, odwrotnych wypadków jest niewiele.

Tablica 10

Ocena zapasów azotu w kilku glebach próchnicznych  
na tle doświadczeń polowych

Nr gleby	Nazwa gleby	Metoda Tiuryna mg N/100 g gleby	Metoda <i>C. elegans</i> ⊙ grzybni w mm	Plon siana		
				wq/ha p.s.m.	w % od plonu z kombin. O	
					O	PK
60	Mada lekka próchniczna	8,0	5	60,0	166	200
61	Mada lekka próchniczna	9,0	5	8,6	124	435
63	Mada mocno próchniczna	13,0	13	59,0	163	201
56	Gleba mułowo błotna	18,0	15	86,0	123	140
58	Mada średnia próchniczna	17,0	5	29,0	117	207
62	Mada piaszczysta	4,0	5	20,0	131	141

Ta nieproporcjonalność zaznaczyła się szczególnie mocno na niektórych glebach mułowo-błotnych i na madach próchnicznych. W wypadku tych gleb metoda Tiuryna-Kononowej może dawać zbyt wysokie liczby. Świadczą o tym w pewnej mierze doświadczenia nawozowe przeprowadzone przez Zakład Łąkarstwa SGGW (10), których wyniki zamieszczono w tabl. 10. Na glebach 58, 60 i 61 ilości azotu wykazane przez metodę Tiuryna-Kononowej są nieproporcjonalnie duże do plonów z poletek zerowych i do uzyskiwanych zwyżek pod wpływem nawożenia azotowego. Trafniejszą ocenę dała tu metoda *C. elegans* z tym, że średnice grzybni w kilku przypadkach są za małe w stosunku do plonów z poletek zerowych.

W związku z tym warto zwrócić uwagę na pracę Mc Cool'a (33). Z pracy tej (i własnych obserwacji także) wynika, że o potrzebach nawozowych gleb lepsze informacje daje nie tyle wielkość grzybni, ile jej przyrost pod wpływem dodatku azotu.

Na uzyskane w tej części pracy wyniki mógł mieć wpływ czas pobrania i sposób przechowywania próbek. Może on dotyczyć szczególnie metody *C. elegans*, która wykrywa, jak to wynika z wykresów jej czułości (Wy-

kres 1), kilkakrotnie mniejsze absolutne ilości azotu (od śladów do 6—10 mg N/100 g gleby) od metody Tiuryna-Kononowej (od kilku do kilkudziesięciu mg N/100 g gleby).

### Streszczenie

1. Omówiono literaturę dotyczącą zagadnienia oznaczania azotu dostępnego:

2. Zastosowano grzyb *C. elegans* do oznaczania „dostępnego azotu”.

3. Oznaczono azot dostępny w 75 różnych glebach polskich metodą *C. elegans* i Tiuryna-Kononowej:

a) obie metody wykrywały w glebach bardzo różne ilości azotu dostępnego; ilości w glebach bardzo zasobnych są przeszło kilkakrotnie większe niż w glebach bardzo ubogich;

b) spośród różnych typów gleb tylko torfy wyróżniły się szczególnie dużą zawartością azotu dostępnego;

c) obie metody wykazały pewną zgodność ( $r = 0,45$ ) zaliczając około 53% gleb do takich samych umownie przyjętych grup zasobności i tylko 8% gleb — do krańcowo różnych grup zasobności; w ramach grup zasobności obserwuje się bardzo małą zgodność;

d) w glebach pochodzących z trwałych pasów nawozowych skierniewickich obie metody wykrywały wyraźnie większe ilości azotu w kombinacjach od około 30 lat nawożonych niż nie nawożonych azotem.

### LITERATURA

1. Andharia R. W. i in. — Nitrogen Status of Marshall silt loam as influenced by different crop rotations, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 17 (1953), str. 247 — 250.
2. App N., Ichisaka V. — Soil analysis as a tool in crop production, Bridgeton (1955), str. 4 — 5.
3. Barnes T. W. — The formation of nitrates in soil following various crop rotations, *Jour. of Agr. Sci.* 40 (1950), str. 168.
4. Birch H. F., Friend M. T. — The organic matter and nitrogen status of East African Soils, *J. of Soil Sci.* 7 (1956), str. 156 — 167.
5. Bogdanow S. — *Exp. Sta. Rec.* 12 (1901), str. 325.
6. Bożko K. S. — Do pitanija klasifikacji czernoziomow, *U.N.D.I.S.O.Z.*, 4 (1939).
7. Cornfield A. H. — The mineralisation of the nitrogen at soils during incubation: influence of pH, total nitrogen and organic carbon contents, *Jour. Sci. Food Agric.* 3. (1952), str. 343.
8. Dean L. A. Yield of phosphorus curves, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18 (1954), str. 462 — 466.
9. Dumenil L. C. — Nitrogen fertilizers for corn, *Iowa Agr. Exp. Sta. Bull.* (1952), str. 114.

10. Eizak B. — Praca dyplomowa wykonana w Zakładach Chemii Rolniczej SGGW, Warszawa (1954).
11. Fiodorow M. W. — Rukowodstwo k praktyczeskim zaniatijam po mikrobiologii, Moskwa (1951), str. 172 — 173.
12. Fitts J. W. — A nitrification procedure for predicting the availability of nitrogen to corn on Jowa Soils, Ames, Jowa State College Library. (1952).
13. Fitts J. W., Bartholomew W. V., Reidel H., Correlation between nitrifiable nitrogen and yield respons of corn to nitrogen fertilisation on Jowa Soils, Soil Sci. Amer. Proc. 17 (1953), str. 119 — 121.
14. Fitts J. W., Bartholomew W. V., Heidel H. — Predicting nitrogen fertilizer needs of Jowa Soils. Evaluation and control of factors in nitrate production and analysis, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 (1955), str. 69 — 74.
15. Fraps G. S. — Nitrification in Taeas Soil, Tex. Agr. Exp. St. Bul. 106 (1908).
16. Fraps G. S. — Relation of soil nitrogen, nitrification and amonification to pot experiments, Texas Agr. Sta. Bull. 283 (1921).
17. Gainey P. L., Metzler L. P. — Some factors affecting nitrate nitrogen accumulation in soil J. Agr. Res. 11 (1917), 43.
18. Górski M., Nowosielski O. — Przydatność grzyba *C. elegans* do badania potrzeb nawozowych względem fosforu, „Roczniki Gleboznawcze” 4 (1955), str. 117 — 148.
19. Górski H., Nowosielski O. — Szybka ocena nawozów fosforowych przy pomocy grzyba *C. elegans*, „Roczniki Nauk Rolniczych”, 71. A. (1955), str. 305 — 310.
20. Górski M., Stobiecki T. — Woda amoniakalna jako nawóz sztuczny „Przeгляд Chemiczny” 34 (1955), str. 417 — 421.
21. Górski M., Włodek J. — Potrzeby nawozowe pszenicy ozimej w świetle doświadczeń polowych, „Roczniki Nauk Roln.” 68 — A (1953), str. 672 — 675.
22. Hanway J. J. — The relationship of nitrification rate of the soil and nitrogen content of the corn leaf to the yield of corn, Unpublished M. S. Thesis Uniw. of Nebraska Library, Lincoln, Nebraska (1948).
23. Hanway J. J., Dumenil L. C. — Predicting nitrogen fertilizer needs of Iowa Soils: III Use of nitrate production together with other informations as a basis for making nitrogen fertilizer recommendations, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 (1953) str. 77 — 80.
24. Haynes J. L., Thacher L. E. — Crop rotations and soil nitrogen, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 (1955), str. 324 — 327.
25. Hołyński St. — Biochemiczne metody określenia fosforu, potasu i azotu pobieranych z gleby. Stadium krytyczne cz. II. P.I.N.G.W., 3 (1912), str. 520—548.
26. Koenig J. — Untersuchungen d. landwirtsch. u. landw. geweblich wichtiger stoffe, 1., Berlin (1923); str. 52, 68, 89 — 120.
27. Kononowa M. M. — Zagadnienie próchnicy glebowej. Warszawa (1955), str. 238.
28. Kononowa M. M., Łagunowa E. P. — Riezultaty po izuczeniju organiczesko-goziemczestwa sjerozjemow, Trudy Poczwow. Inst. im. W. W. — Dokucejewa 23 (1940).
29. Kostiučenko P. A. — Trudy U.N.D.I.S.O.Z. (1939), wyd. 4.
30. Kudriawcewa A. A. — Sielitra w poczwie, Moskwa (1927).
31. Landrau P. J. — Influence of cropping and cultural practices on the seasonal trends in nitrification rates of soils used for growing corn in Nebraska, Uniwersity of Puerto Rico Agr. Exp. Sta. Tech. Paper 10 (1953).

32. Lemmermann O. — Methoden für die Untersuchung des Bodens, Berlin (1934).
33. McCool M. M. — Nitrogen availability in soils as measured by growth response of rye-grass and *Cunninghamella blakesleeana*, Contribs. Boyce Thompson Inst. 14 (1947), str. 366 — 368.
34. Mehlich A. — Use of *C. blakesleeana* and *A. niger* for measuring the manurial requirements of plants. Proc. Soil Sci Amer. Soc. 2 (1937), str. 279 — 288.
35. Mehlich A. — Growth of *Cunninghamella blakesleeana* as influenced by ..., Soil Sci 48 (1939), str. 121 — 133.
36. Mehlich A., Fred B. E., Truog E. — The *Cunninghamella* plaque of measuring available phosphorus in Soil, Soil. Sci. 38 (1934), str. 445 — 458.
37. Michniewicz M. — Badania nad nityfikacją w glebach Puszczy Białowieskiej, AN UMCS 6 — C. (1951), str. 1 — 75.
38. Munson R. D. — Soil nitrification rate as correlated with crop response to nitrogen fertilisation. Unpublished M. S. Thesis Ames. Iowa., Iowa State College Library (1954).
39. Munson R. D., Stamford G. — Predicting nitrogen fertilizer needs of Iowa soils IV. Evaluation of nitrate production as a criterion of nitrogen availability, Soil. Sci. Am. Soc. Proc. 19 (1955), str. 464 — 468.
40. Musierowicz A. — Nawozy mineralne, Warszawa (1949), str. 180.
41. Nowak M. — Nawożenie i agrotechnika łąk w świetle doświadczeń polskich, „Rocznik Nauk Roln.”, 68 — A (1953), str. 175 — 251.
42. Parker F. W. — The nitrogen problem in the soil management. J. Amer. Soc. Agrom. 38 (1946), str. 238.
43. Pietierburgskij A. — Ćwiczenia z chemii rolnej, Warszawa (1954), str. 305 — 310 i 134 — 141.
44. Pinckney R. M. — Sorghum as an indicator of available soil nitrogen, Soil Sci. 17 (1934), str. 315 — 321.
45. Pinckney R. M. — Effect of nitrate application upon the hydrocyanic acid content of sorghum, J. Agric. Res. (1924), str. 717 — 723.
46. Post A. H. — Soil variability as determined by statistical methods, Soil Sci. 17, (1924), str. 343 — 357.
47. Russel E. J. — Soil conditions and plants growth, London (1952), str. 286—326.
48. Saloni — Uprawa żyta, Warszawa (1954), str. 65.
49. Sekera F. — Der quantitative Mikro-düngungs versuch..., Die Phosphorsäure 5 (1935), str. 527 — 537.
50. Smith G. E. — Soil fertility and composition, Mo. Agr. Exp. Sta. Bul. 583 (1952).
51. Stanford G., Hanway J. — Predicting nitrogen fertilizer needs of Iowa Soils II, A simplified technique for determining nitrate production in soils, Soil Sci. Soc. Amre. Proc. 19 (1955), str. 74.
52. Starzyński K. — Nawożenie buraka cukrowego w świetle doświadczeń polowych, „Roczniki Nauk Roln.” 67—A (1953), str. 5 — 95.
53. Sziszełowa N. A. — a) Possibility of determining the content of assimilable N in soils by mean of *Cunninghamella*, Chem. Abstr. 33, 1936, 8881. b) Opriedielenie zapasa uzwojajemowo azota w poczwie pri pomoszczii gribka *Cunninghamella* T.W.I.S. Mikrobiologii 8 (1938).
54. Tiuryn I. W., Kononowa M. M. — O nowym mietodie opriedielenia potrebnosti poczw w azocie, Trudy Poczw. Inst. im. W. W. Dokuczajewa 10 (1934), str. 4.
55. Tiuryn J. W., Kononowa M. M. — O mietodach opriedielenija potrebnosti poczw w azocie, Trudy Poczw. Inst. im. W. W. Dokuczajewa 12 (1935).

56. Truog E. — A test for available soil nitrogen, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 (1955), w druku.
57. Wahshab A., Bakhari A. S. — Comparison of biological tests for assaying fertility of Punjab soils, Soil. Sci. 76 (1953), str. 323 — 332.
58. Waksman — Humus (1937).
59. Wernander — Podwiznost' azota i nitrywikacjonnaja sposobnost' poczw. U.C.C.R, Poczwiadienije 2 (1946), str. 105 — 118.
60. Wooduff C. M. — Estimating the nitrogen of soil from the organic matter determination as reflected by Sanborn field, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14 (1949 — 1950), str. 208.
61. Soil Sci (1949), str. 239.

О. НОВОСЕЛЬСКИ

## К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВ В АЗОТНОМ УДОБРЕНИИ

(Учебное учреждение агрохимии Варшавской высшей сельскохозяйственной школы)

### Резюме

1. Сделан был обзор литературных данных по вопросу об определении усвояемого азота .

2. Для определения усвояемого азота был применен прибор *Cuninghatella elegans*.

3. Определено содержание усвояемого азота в 75 различных видах польских почв по способу *C. elegans* и Тюрина-Кононовой.

а) Содержание усвояемого азота в польских почвах определяемое по обоим способам сильно колебалось; в почвах весьма богатых содержалось азота в несколько раз больше, чем в почвах весьма бедных.

б) Среди различных почв лишь торфяные почвы отличались весьма значительным содержанием усвояемого азота.

в) Обнаружена была некоторая согласованность обоих методов ( $r = 0,45$ ): а именно около 53% от общего числа почв было зачислено к одинаковым условным группам по содержанию азота и лишь 8% почв было зачислено в совершенно противоположные группы; в пределах групп по содержанию азота наблюдается значительное разногласие.

г) В Скерневицких почвах из опытов по непрерывному удобрению в вариантах постоянно удобряемых в течение 30 лет найдено несомненно более высокое содержание азота, чем в вариантах не получавших азотного удобрения.

## O. NOWOSIELSKI

INVESTIGATION OF FERTILIZER NEEDS OF SOILS IN REGARD TO  
NITROGEN

(Dept. of Agricultural Chemistry of SGGW — Warsaw)

## S u m m a r y

1. Literature dealing with determination of available nitrogen is discussed.

2. Fungus *C. elegans* was used in determining available nitrogen.

3. Available nitrogen was determined in 75 Polish soils by means of the *C. elegans* and the Tiuryń-Kononowa methods.

a) Both methods indicated considerable variance in available nitrogen content; in rich soils it was several times higher than in very poor soils.

b) Among the different soil types only peaty soils showed significantly high available nitrogen content.

c) The data obtained by these two methods were to some extent in conformance, inasmuch 54% of the investigated soils could be assigned to the same groups of a preestablished systematic classification, and only 8% had to be classified under radically different headings. Within the individual groups, however, few consistent results were obtained.

b) Both methods indicated markedly higher nitrogen amounts in Skierńiewice experimental field soils which had been treated with N for a period of 30 years, than in those which had not been undergoing such treatment.