

DYNAMIKA MINERALNYCH FORM AZOTU
NA NAWOŻONYM TORFOWISKU

ДИНАМИКА МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА НА УДОБРЯЕМОМ ТОРФЯНИКЕ

MINERAL NITROGEN FORMS DYNAMICS IN A FERTILIZED PEATLAND

FRANCISZEK MACIAK, STEFAN LIWSKI

Katedra Torfoznawstwa SGGW

WSTĘP

Przy przeciętnej ilości 3% N ogólnego, torfy niskie zawierają 97—99% azotu w formie organicznej, a zaledwie 1—3% azotu ogólnego w formie mineralnej (4).

Organiczne formy azotu dotyczą głównie: azotu aminowego, azotu aminocukrów, azotu huminowego — rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego oraz azotu amidowego (4). Azot mineralny występuje w torfie przede wszystkim w formie amonowej i azotanowej a ogólna ilość tych form decyduje w zasadzie o żyzności torfów pod względem azotu.

Nagromadzenie azotu mineralnego w glebie torfowej związane jest głównie z mineralizacją organicznych form azotu oraz pochodzi z nawożenia stosowanego przy uprawie roślin.

Intensywność rozkładu azotu organicznego w torfie zależy od wielu czynników środowiska i na powyższy temat istnieje obfita literatura (3, 5, 6, 7).

Istotną w tym przypadku rzeczą jest zachowanie się azotu mineralnego w warstwie ornej torfowiska zanim zostanie pobrany on przez rośliny. Ważne jest to również z uwagi na coraz obfitsze stosowanie nawożenia azotowego na glebach torfowych. Mimo dużej sorpcji torfów w stosunku do jonu amonowego azot pochodzący z mineralizacji masy torfowej oraz azot z nawożenia może podlegać znacznym stratom. Z badań Moraczewskiego (9) wynika, że ubytek azotanów i amoniaku z gleby torfowej zależy od wielkości opadów. Według danych wymienionego autora straty

azotu poprzez wymywanie dochodziły do 8 kg/ha w ciągu jednego miesiąca.

Z badań lizymetrycznych Shawa (11) oraz McCautsa (8) dotyczących gleb mineralnych wynika, że głównym czynnikiem powodującym straty azotu jest długotrwałość i rozkład opadów, przy czym szczególnie łatwo wypłukiwany jest azot w formie azotanowej. Straty azotu są mniejsze w wypadku gdy gleba jest obsiana (1, 10).

Inni badacze (2) poza działaniem opadów duże straty azotu mineralnego w glebie przypisują procesom denitryfikacyjnym.

Celem niniejszej pracy było zbadanie dynamiki przemieszczania się w profilu torfowym mineralnych form azotu z uwzględnieniem wpływu opadów oraz pokrycia roślinnością torfowiska.

Badania wykonano w warunkach laboratoryjnych i polowych z zastosowaniem pełnego nawożenia (NPK).

Doświadczenia laboratoryjne przeprowadzono na torfie niskim na sztucznie spreparowanych profilach (słupkach) torfu wysokości 30 cm. Doświadczenia polowe wykonano w naturalnych warunkach na torfowisku niskim na poletkach nawożonych obsianych roślinami i nie obsianych.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Warunki laboratoryjne

Torf niski pobrany z warstwy 0,5 m torfowiska Kampinos (woj. warszawskie) dokładnie rozdrobniono, wymieszano i napełniono nim cylindry (ciężar rzekomy objętościowy torfu wynosił 0,25 kg/dcm³). Cylindry bez przykrywek (wysokości 5 cm) napełnione torfem o wilgotności 70%, układano jeden na drugim do wysokości 30 cm (6 szt.) łącząc poszczególne cylindry taśmą klejącą. W ten sposób wykonano 16 kolumn, na powierzchnię których wprowadzono roztwór następujących ilości nawozów mineralnych (10 ml):

N — 0,2 g w postaci $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

P_2O_5 — 0,2 g w postaci $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

K_2O — 0,4 g w postaci K_2SO_4

Cztery kolumny z torfem traktowano co kilka dni (4, 8, 16, 32 dni) wodą destylowaną każdorazowo w ilościach po 30 ml H_2O , 4 pozostałe kolumny pozostawiono bez traktowania H_2O . Po 4, 8, 16 i 32 dniach poszczególne kolumny z torfem traktowane wodą i nietraktowane przecinano w miejscach łączonych taśmą klejącą. Torfy rozdrabniano i w powietrzu suchej masie określano azot mineralny.

Warunki polowe

Badania wykonano na torfie niskim torfowiska Żuławka (woj. bydgoskie). Na dokładnie uprawionym torfowisku rozbito mikropoletka wielkości $(2 \times 2) 4 \text{ m}^2$ według kombinacji:

1. O nie obsiane i nie nawożone
2. O obsiane trawami nie nawożone
3. NPK nie obsiane rośliną
4. NPK obsiane trawami
5. NPK obsiane słonecznikiem.

W trzech w.w. kombinacjach wprowadzono nawozy mineralne w ilościach:

- N — 200 kg/ha w postaci $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
 P_2O_5 — 200 kg/ha w postaci $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 K_2O — 400 kg/ha w postaci K_2SO_4

Próbki torfu z poszczególnych kombinacji pobrano na początku oraz po 4, 8, 16, 32, 64 i 128 dniach świdrem komorowym Hillera z głębokości 0—5 cm, 5—10 cm, 10—15 cm, 15—20 cm, 20—25 cm, 25—30 cm i 35 do 50 cm. Pobrane próbki z kilku miejsc poletka mieszano i w powietrzu suchej masie określano zawartość azotu mineralnego ($\text{N—NH}_4 + \text{N—NO}_3$).

Stosowane metody analiz

Skład botaniczny i stopień rozkładu torfu oznaczono metodą mikroskopową,

pH torfów (w H_2O) potencjometrycznie przy użyciu elektrody szklanej,

Popiół surowy przez spalenie torfu w temp. 550°C .

Azot ogólny metodą Kjeldahla.

Azot amonowy — kolorymetrycznie metodą Nesslera w przesączu 1% K_2SO_4 .

Azot azotanowy — kolorymetrycznie w przesączu 1% K_2SO_4 metodą disulfofenolową.

Fosfor ogólny w popiele i w przesączu 0,5 n HCl kolorymetrycznie przy użyciu fotorexu.

Potas ogólny w popiele i w przesączu 0,5 n HCl metodą fotopłomieniową.

Doświadczenie założono 30.IV, sprzętu traw (I pokos) dokonano po 64 dniach, sprzętu traw (II pokos) po 128 dniach, sprzętu słonecznika na zieloną masę po 128 dniach oraz sprzętu traw (III pokos) po 170 dniach.

WYNIKI BADAŃ

1. Botaniczna i chemiczna charakterystyka torfów

W tabeli nr 1 podano charakterystykę torfów, na których wykonano doświadczenia. Z przedstawionych danych wynika, że użyte w doświadczeniach laboratoryjnych i polowych torfy pod względem gatunkowym i stopnia rozkładu są podobne. Posiadają one również podobne zawartości popiołu czystego, azotu i potasu. Natomiast różnice występują w odczynie, zawartościach popiołu surowego i fosforu.

Tabela 1

Chemiczna charakterystyka torfów
Chemical characteristics of peats

Rodzaj torfu Peat type	Miąższość torfu w cm Peat layer thickness	Gatunek torfu Peat species	Stopień rozkładu w % Decomposition degree	pH w H ₂ O pH in H ₂ O	W % s. m. — ln % DM				
					popiół surowy crude ash	popiół czysty pure ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Torf z Kampinosu	0—50	turzycowo-trzciniowy	50	5,6	25,81	10,13	2,6	0,16	0,080
Torf z Żuławki	0—5	turzycowo-zielny	40	7,5	49,10	14,00	2,26	0,45	0,073
	5—10	turzycowo-zielny	40	7,5	47,33	14,38	2,25	0,42	0,078
	10—15	turzycowo-zielny	40	7,6	51,77	15,40	2,42	0,40	0,077
	15—20	turzycowy	44	7,4	43,03	12,35	2,30	0,36	0,055
	20—25	turzycowy	50	7,3	42,32	12,17	2,59	0,35	0,048
	25—35	turzycowy	50	6,9	19,01	12,15	3,15	0,29	0,055
	35—50	turzycowy	55	6,8	11,94	10,80	3,46	0,28	0,043

Torfy z Żuławki szczególnie w warstwach wierzchnich zawierają większe (prawie o połowę) ilości popiołu surowego i fosforu w porównaniu do torfu z Kampinosu.

Odczyn torfów z Żuławki jest obojętny lub słabo alkaliczny, natomiast odczyn torfu z Kampinosu jest słabo kwaśny.

2. Dynamika azotu mineralnego

Na rys. 1 oraz w tabeli 2 przedstawiono dane dotyczące szybkości przemieszczania się mineralnych form azotu w głąb profilu torfowego w warunkach laboratoryjnych. Z powyższych danych liczbowych wynika, że w wypadku stosunkowo słabego uwilgotnienia torfów (70% wody) przemieszczanie się mineralnych składników azotowych następuje słabo. Zwiększenie ilości mineralnego azotu obserwuje się prawie wyłącznie

Tabela 2

Zawartość mineralnych form azotu ($N-NH_4 + N-NO_3$) w mg/100 g s.m. torfu
(doświadczenie laboratoryjne)

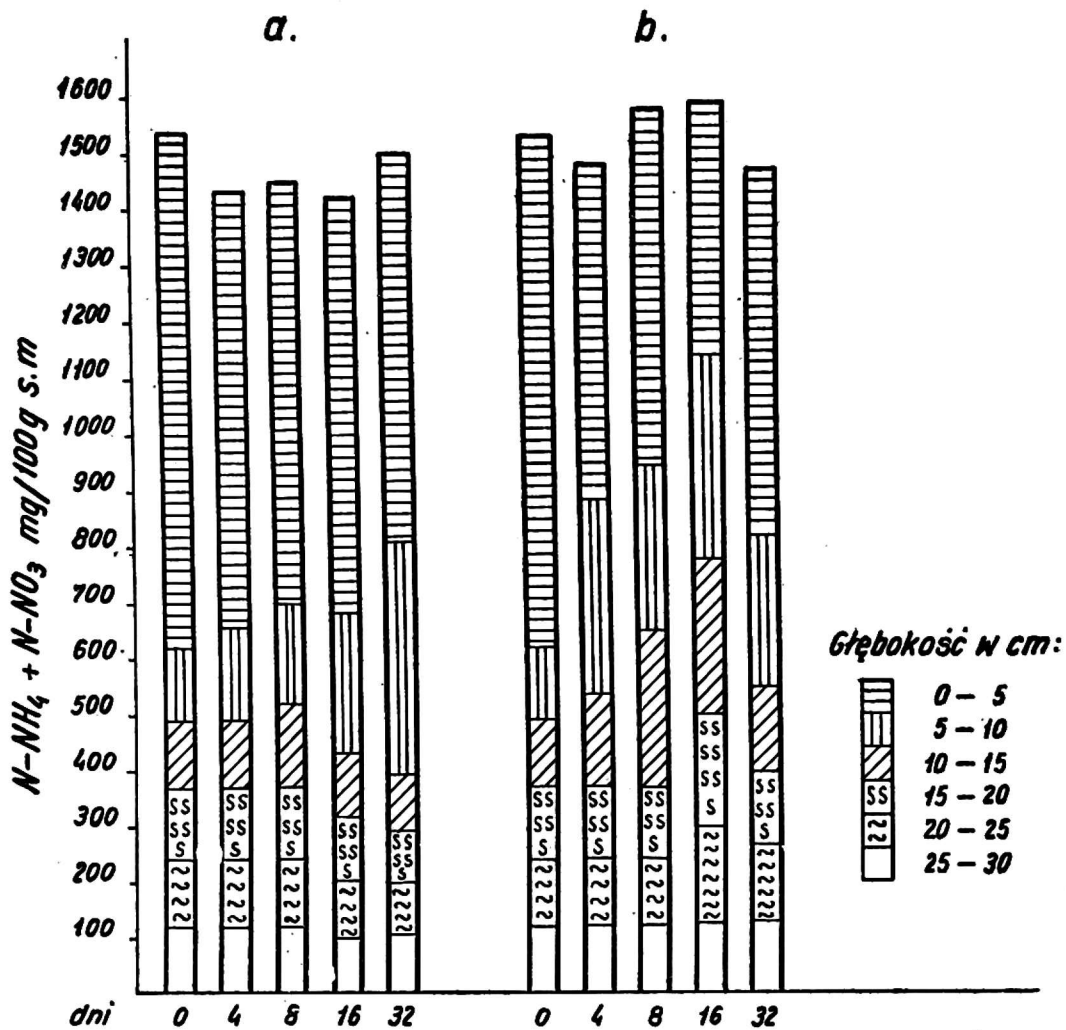
Mineral nitrogen forms ($N-NH_4 + N-NO_3$) content in mg/100 g DM of peat
(laboratory experiment)

Miąższość torfu w cm Peat thickness in cm	Po dniach — After days									
	początkowo originally	4	8	16	32	początkowo originally	4	8	16	32
0—5	930	763	753	733	691	930	529	635	472	651
5—10	122	172	172	253	414	122	348	297	360	268
10—15	122	124	155	115	102	122	168	280	284	151
15—20	122	123	123	113	93	122	125	123	203	132
20—25	122	123	122	108	93	122	122	123	154	137
25—30	122	122	122	96	111	122	122	123	134	131

w warstwie 5—10 cm. Z warstwy wierzchniej azot przenika więc w głąb profilu do głębokości 10 cm. Z danych rys. 1a wynika, że nagromadzenie się azotu mineralnego zwiększa się w tej warstwie proporcjonalnie, w miarę upływu czasu. Rys. 1b oraz tabela 2 zawierają również dane dotyczące wpływu dawek wody na przenikanie mineralnych form azotu. Opady posiadają duży wpływ na przemieszczanie składników azotowych. Dawki wody w ilości 24 mm (rys. 2) spowodowały przemieszczanie azotu do głębokości 15 cm już po okresie 4 dni. Przenikanie dotyczy głównie form amonowych, bowiem należy sądzić, że w tym okresie form azotanowych było jeszcze mało z uwagi na krótki okres czasu, potrzebny do nitryfikacji. Przy dawkach wody 66 mm, po 16 dniach większe zawartości mineralnych form azotu znaleziono w warstwach głębszych (do 30 cm), podobnie było po 32 dniach. Na rys. 3 zamieszczono dane ilustrujące zawartości azotu ogólnego w poszczególnych warstwach torfu nietraktowanego wodą i z dodatkiem wody. Z wykreślonych krzywych wynika, że spadek azotu ogólnego w warstwie wierzchniej jest większy w profilu traktowanym wodą. Zwyżki azotu ogólnego są widoczne w warstwach głębszych tego profilu.

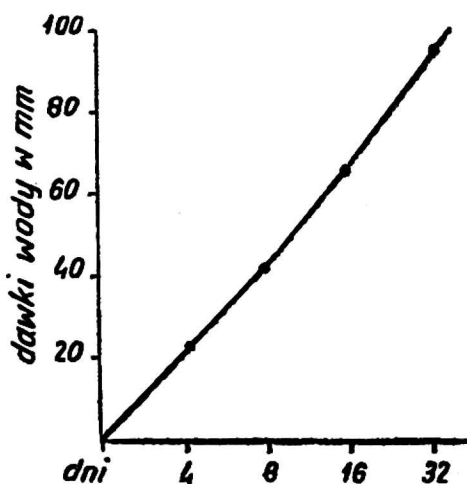
Rys. 4 oraz tabela 3 przedstawia wyniki liczbowe z badań nad przemieszczaniem się azotu mineralnego w warunkach naturalnych na torfowisku. Z danych graficznych wynika, że wprowadzona na powierzchnię gleby dawka azotu w ilości 200 kg/ha ulega zmniejszeniu po 4 dniach w warstwie 5 cm z niewielkim przemieszczeniem się na głębokość do 10 cm. Po 8 dniach ilość azotu mineralnego w niewielkim stopniu się

powiększa w warstwie 0—5 cm, a po 16 dniach obniża się i utrzymuje na podobnym poziomie do 64 dnia. Po 128 dniach obserwuje się spadek azotu mineralnego w poszczególnych warstwach profilu do głębokości 50 cm. Praktycznie nie ma wyraźnych danych wskazujących na przemieszczanie się mineralnych form azotu w głąb profilu. Trudno więc ustalić przyczyny szybkiego ubytku azotu z warstw wierzchnich torfo-



Rys. 1. Przemieszczanie azotu mineralnego (doświadczenie laboratoryjne): a — torf nie traktowany wodą, b — torf traktowany wodą

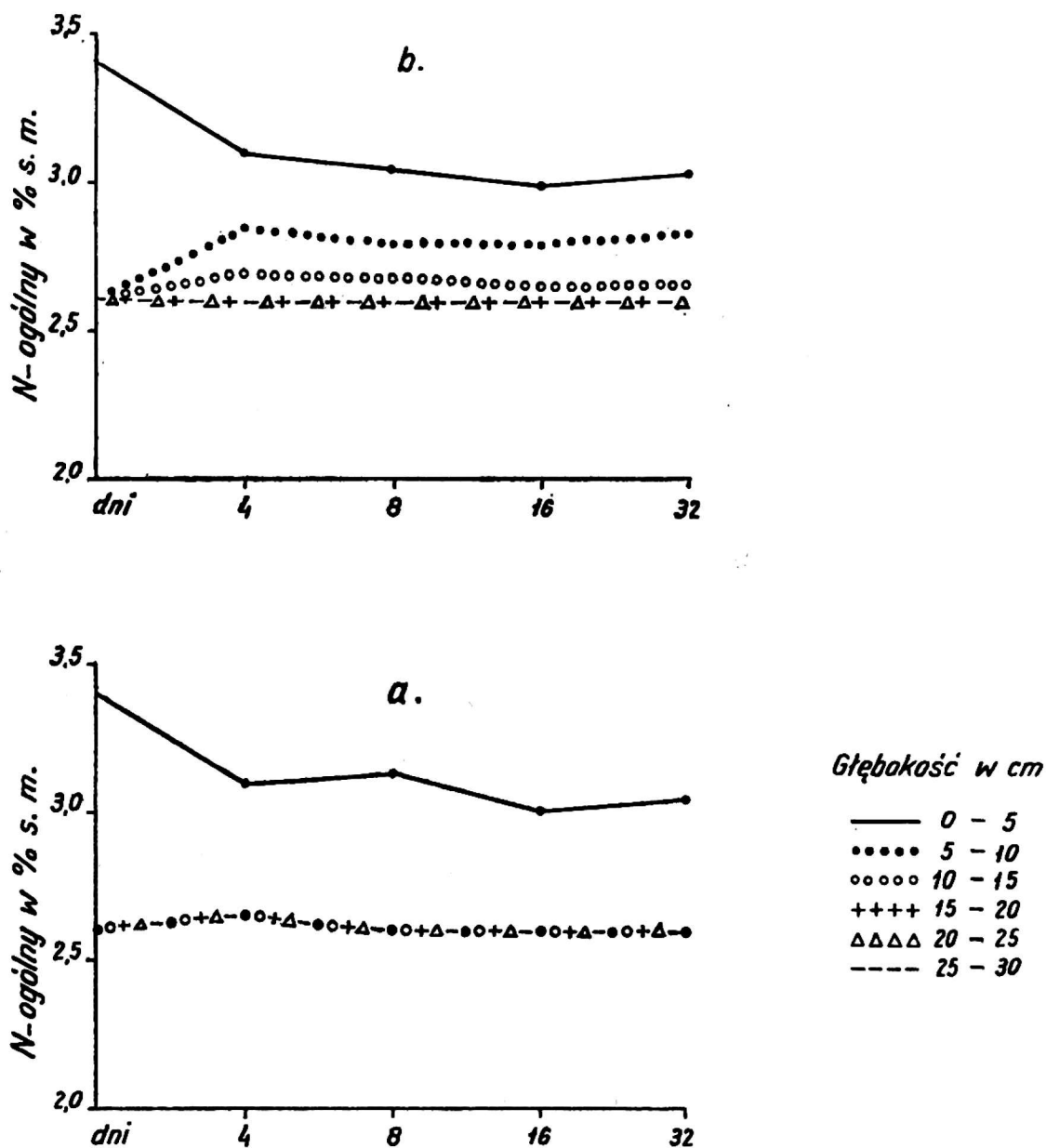
Fig. 1. Mineral nitrogen displacement (laboratory experiment): a — peat non-treated with water, b — peat treated with water



Rys. 2. Stosowane dawki wody (doświadczenie laboratoryjne)

Fig. 2. Water rates applied (laboratory experiment). Water rates in mm, days

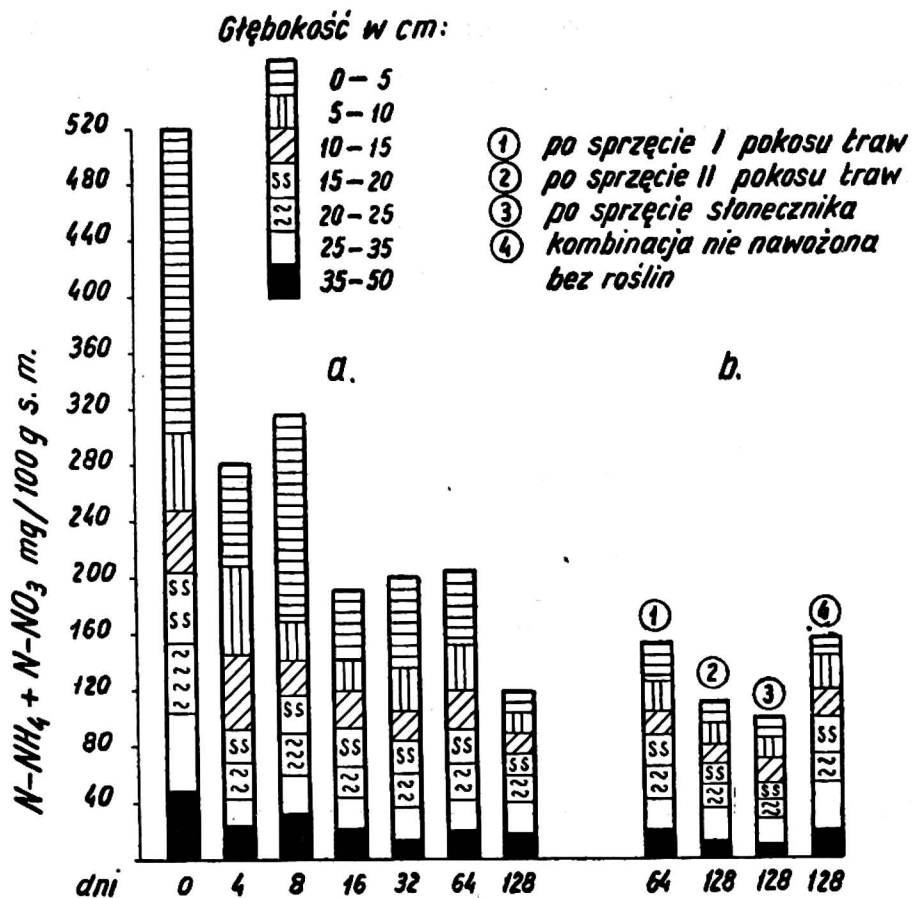
wiska. Z rys. 5 wynika, że poziomy wód gruntowych utrzymywały się nisko pod powierzchnią jak również notowane są znaczne opady, spowodować to mogło szybkie wymywanie azotu, nie uchwycone w badanych warstwach złoża. Druga ewentualność to sorpcja biologiczna azotu. Sprawdzenie tego przypuszczenia mogłyby dać analizy torfu z poszczególnych



Rys. 3. Przemieszczanie azotu ogólnego (doświadczenie laboratoryjne): *a* — torf nie traktowany wodą, *b* — torf traktowany wodą
 Fig. 3. Total nitrogen displacement (laboratory experiment): *a* — peat non-treated with water, *b* — peat treated with water

warstw złoża na azot ogólny. Wykonane jednak analizy torfu na azot ogólny nie wykazały zasadniczych prawidłowości, ponieważ zawartość azotu ogólnego w poszczególnych warstwach złoża była różna i zmienna nawet w tej samej warstwie przy niewielkiej odległości.

Analizy gleby torfowej na azot mineralny po sprzęcie rośliny (rys. 4b) wykazały niewielkie ilości tego składnika w poszczególnych warstwach. Były to ilości podobne do znalezionych w torfie nawożonym nie obsia-



Rys. 4. Przemieszczanie azotu mineralnego (doświadczenie polowe): *a* — kombinacje bez roślin, *b* — kombinacje po sprzęcie roślin

Fig. 4. Mineral nitrogen displacement (field experiment): *a* — in the variant without any crop plants, *b* — in the variant after harvest

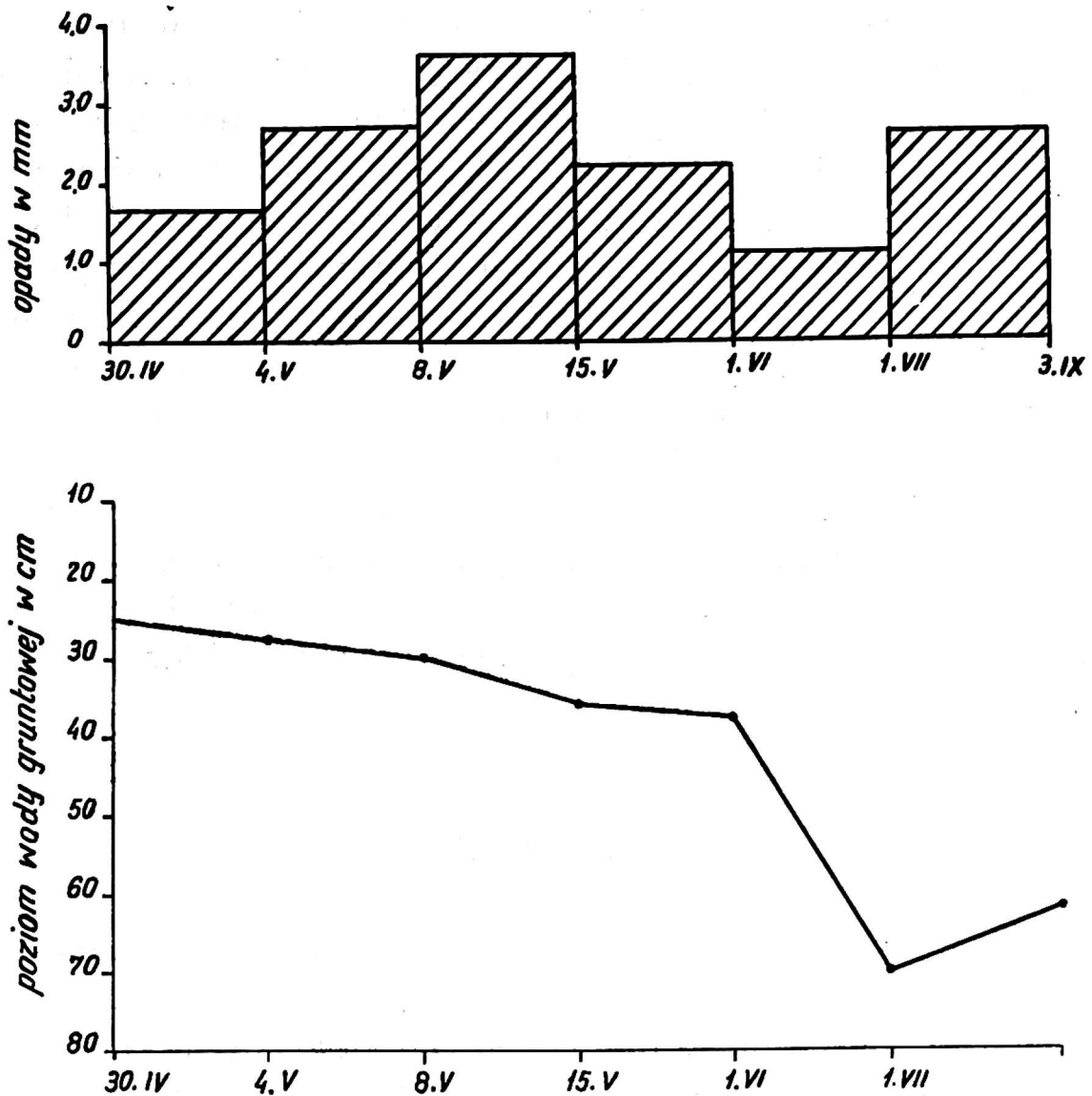
- 1 — of the Ist cut of grasses, 3 — of sunflower,
2 — of the IInd cut of grasses, 4 — non-fertilized variant,
without any crop plants

Tabela 3

Zawartość mineralnych form azotu ($N-NH_4 + N-NO_3$) w mg/100 g s.m. torfu
(doświadczenie polowe)

Mineral nitrogen forms ($N-NH_4 + N-NO_3$) in mg/100 g DM of peat
(field experiment)

Miąższość torfu w cm Peat thickness in cm	Po dniach (w okresie 30.IV—3.IX.65 r.) — After days (30.IV—3.IX.65 r.)										
	początkowo originalny	4	8	16	32	64	128	128 nie nawoż. 128 non-fertiliz.	64 po I pok. 64 after Ist cut	128 po II pok. 128 after IInd cut	128 po słon. 128 after sunflower harvest
0—5	225	63	127	49	65	53	11	13	24	17	15
5—10	56	64	25	23	30	32	14	24	19	12	13
10—15	43	51	24	24	21	26	15	13	18	15	16
15—20	51	25	28	28	22	25	15	25	22	12	13
20—25	49	25	28	22	23	26	19	28	22	18	13
25—35	53	18	29	24	21	22	22	34	22	19	14
35—50	51	25	31	20	17	20	18	19	20	16	13



Rys. 5. Średnie dobowe opady w mm oraz poziomy wód gruntowych w cm

Fig. 5. Mean daily precipitations in mm and ground water levels in cm

Tabela 4

Plony azotu w kg/ha
Nitrogen yields in kg/ha

Kombinacja nawozowa Fertilization variant	Roślina Crop plant	Plony roślin w q/ha s.m. Crop yield in q/ha DM	N-ogólny w % s.m. rośliny Total N in % DM of plant	N-ogólny w plonach w kg/ha Total N in yields in kg/ha	Suma azotu w kg/ha Nitrogen sum in kg/ha
O	I pokos traw	31,74	2,92	91,68	149,15
	II pokos traw	15,49	3,71	57,47	
NPK	I pokos traw	32,46	3,11	100,95	286,41
	II pokos traw	54,17	2,34	126,75	
	III pokos traw	18,70	3,14	58,71	
NPK	Słonecznik	132,20	2,12	280,4	280,4

nym rośliną. Na powyższym tle interesujące stają się wyniki analiz na azot ogólny plonów roślin uzyskanych z poszczególnych kombinacji (tabela 4). Na kombinacji „O” uzyskano tylko 2 pokosy trawy, które pobrały 149,15 kg azotu z 1 ha. Natomiast na kombinacjach nawożonych (NPK) zebrano 3 pokosy traw, których całkowity plon azotu z 1 ha wynosił 286,41 kg. Podobna ilość azotu ogólnego pobrana została w plonach słonecznika (280,40 kg). Stosowana dawka azotu wynosiła 200 kg/ha. Zatem rośliny na kombinacjach nawożonych pobrały cały azot dostarczony w formie nawozu oraz dodatkowo około 80 kg azotu pochodzącego z gleby. W wypadku kombinacji nienawożonych ilość azotu uruchomionego z gleby torfowej była prawie o 70 kg wyższa. Należy jednak zaznaczyć, że na kombinacji nienawożonej prawdopodobnie została pobrana całkowita ilość dostępnego azotu, ponieważ nie otrzymano już trzeciego pokosu traw; co związane było z wyczerpaniem się składników pokarmowych z gleby.

WNIOSKI

Otrzymane w niniejszej pracy wyniki pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Przemieszczanie azotu mineralnego ($N-NH_4 + N-NO_3$) uzależnione jest od uwilgotnienia gleby — wraz ze zwiększeniem dawek wody następowało nasilenie przemieszczania się azotu mineralnego do głębszych warstw profilu.

2. Przemieszczanie mineralnych form azotu było znaczne w warunkach laboratoryjnych, natomiast w warunkach polowych nie uzyskano wyraźnych danych wskazujących na zachodzenie tego procesu.

3. Zawartości azotu mineralnego po 128 dniach w poszczególnych warstwach profilu do 50 cm były podobne na kombinacjach nawożonych nie obsianych rośliną i po sprzęcie roślin. Wskazywałyoby to na sorpcję biologiczną azotu lub na wymywanie.

4. Na kombinacjach nawożonych, trawy (3 pokosy) pobrały podobne ilości azotu z 1 ha co słonecznik.

5. Na nienawożonym torfowisku wystąpiło znaczne uruchomienie azotu mineralnego. Plony azotu w trawach na kombinacjach nienawożonych wyniosły około 150 kg N/ha wobec około 280 kg N/ha na kombinacjach nawożonych azotem.

LITERATURA

1. Allison F. E., Roller E. M., and Adams I. E. — Soil fertility studies in lysimeters containing, Lakeland sand U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1199.
2. Bremner J. M., Shaw K. — J. Agric. Sci. v. 51, s. 40.
3. Kaila A., Kogliarvi J., Kivinen E. — J. Sci. Agr. Soc. of Finland v. 25, 1963, s. 37.
4. Maciak F. — Roczn. Nauk Roln. t. 75-t-4, 1963, s. 563.
5. Maciak F. — Roczn. Nauk Roln. t. 75-F-2, 1962, s. 343.
6. Maksimow A. — Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Roln. z. 25, s. 157.
7. Maksimow A., Maciak F. — Roczniki Gleboznawcze t. XI, 1962, s. 45.
8. McCauts C. B. — Soil Sci. T. 34, 1962, s. 36.
9. Moraczewski R. — Studia nad dynamiką związków azotowych i wykorzystaniem azotu torfowiska. Dział Wydawnictw SGGW, Warszawa 1964.
10. Roney W. A. — Agron. J. v. 52, 1960, s. 563.
11. Shaw K. — Agric. J. Sci. t. 58, 1962, s. 145.

РЕЗЮМЕ

Целью настоящего труда является изучение динамики перемещения минеральных форм азота в торфяном профиле, с учетом атмосферных осадков и растительного покрова торфяника.

Соответствующие исследования проводились в лабораторных и полевых условиях, с применением полного минерального удобрения (NPK). Лабораторные опыты проводились на низинном торфе, на искусственно изготовленных торфяных профилях (столбах) высотой 30 см. Полевые опыты проводились в природных условиях на низинном торфянике, на удобряемых делянках обсеянных культурными растениями (злаками, подсолнечником) и без растений. Доза азота на столб торфа составляла 0,2 гр N [(NH₄)₂ SO₄] в лабораторных условиях и 200 кг N/га [(NH₄)₂ SO₄] в полевых условиях. Образцы торфа мощностью 5 см отбирались раз на несколько дней из отдельных слоев профиля. В воздушно-сухой массе торфа определяли минеральный азот (N — NH₄ + N — NO₃).

Результаты исследований позволяют формулировать следующие заключения:

1. Перемещение минерального азота (N — NH₄ + N — NO₃) обусловлено степенью увлажнения почвы; по мере повышения поливных норм воды усиливалось перемещение минерального азота в более глубокие слои торфяного профиля.

2. Перемещение минеральных форм азота в лабораторных условиях происходило интенсивно, тогда как в полевых условиях не можно было получить соответствующих данных, которые бы указывали на наличие этого процесса.

3. Содержанием минерального азота в отдельных слоях торфяного профиля до глубины 50 см было сходным в вариантах удобряемых, необсеянных растениями и после уборки растений. Это указывает на биологическую сорбцию или смыв этого элемента.

4. В удобряемых вариантах потребление минерального азота злаками (3 укоса) с гектара было сходным с потреблением этого элемента подсолнечником.

5. На неудобряемом торфянике происходила интенсивная мобилизация минерального азота. Урожай азота в злаках в неудобряемых вариантах составляли примерно 150 кг N/га по отношению к примерно 280 кг N/га в вариантах с азотным удобрением.

SUMMARY

The aim of the present work was to investigate the dynamics of the mineral nitrogen forms displacement in the peat soil profile, taking into consideration rainfalls and plant cover of the peatland given.

The investigations have been carried out in laboratory and field conditions, applying full mineral fertilization (NPK). The laboratory experiments have been conducted in low peat on artificial peat profiles (columns) of 30 cm height. The field investigations have been carried out in natural conditions in low peat, on fertilized plots sown with crop plants (grasses, sunflower) or without any plants. The nitrogen rate applied for particular peat columns amounted to 0.2 g N $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in the laboratory conditions and to 200 kg N $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ per hectare, in the field conditions. The 5 cm thick peat samples were taken at several-day intervals from particular peat profile layers. In the air-dry peat bulk the mineral nitrogen content ($\text{N}-\text{NH}_4 + \text{N}-\text{NO}_3$) has been determined.

On the basis of the results obtained the following conclusions can be drawn:

1. The mineral nitrogen ($\text{N}-\text{NH}_4 + \text{N}-\text{NO}_3$) displacement depended on soil moistening grade: along with increased water rates an increase of the mineral nitrogen displacement intensity to deeper peat profile layers has been observed.

2. The mineral nitrogen displacement has been intense in laboratory conditions, while in field conditions no distinct data could be obtained, indicating an occurrence of such process.

3. The mineral nitrogen content in particular peat profile layers, up to 50 cm depth, have been similar to that in the fertilized variants, without any crop plants and after crop harvest. It may indicate a biological nitrogen sorption or an outwash of this element down the peat profile.

4. In the fertilized variants similar nitrogen quantities have been taken up from 1 ha both by grasses (3 cuts) and by sunflower.

5. On the non-fertilized peat soil a considerable mineral nitrogen mobilization occurred. The nitrogen yields in grasses in the non-fertilized variants amounted to about 150 kg N/ha against about 280 kg N/ha in the nitrogen-fertilized variants.