

ROMAN MORACZEWSKI

WPLYW NAWOŻENIA I WARUNKÓW EKOLOGICZNYCH NA DYNAMIKĘ AZOTANÓW I AMONIAKU W TORFIE¹

Katedra Uprawy Łąk i Pastwisk SGGW Warszawa

WSTĘP

Literatura poświęcona zagadnieniu azotu gleb torfowych jest dość obszerna, lecz ogranicza się przeważnie do badania dynamiki azotu pod wpływem zmieniających się fizycznych warunków siedliska: temperatury [7, 2, 49], światła [4, 48, 56], powietrza [35, 46], wody [3, 10, 12, 21, 29, 40, 42, 43, 46, 50], uprawy [5, 44], czasu [5, 8, 17, 34, 37, 50] i odczynu podłoża [2, 25, 35, 44]. Brak jest natomiast prawie zupełnie danych dotyczących wpływu nawożenia na przemiany związków azotowych w torfie w warunkach naturalnych.

Jeśli pominąć doświadczenia zrobione nad wpływem obornika [45], można stwierdzić, że badania nad procesem nityfikacji w torfie prowadzono dotychczas przeważnie w warunkach laboratoryjnych. Dotyczyły one wpływu na nityfikację miedzi [20, 22, 41], manganu [14, 36, 38, 41, 54] cynku [22, 53], boru [14, 22, 41], fosforu i potasu [5] oraz wapnia [6, 13, 16, 47].

Niektóre z tych badań zachęciły nas do przestudiowania tego zagadnienia w warunkach polowych [31]. Chodziło bowiem o to, że skoro w warunkach laboratoryjnych niektóre mineralne nawozy, a zwłaszcza mikroelementy, powodują uruchamianie i mineralizację azotu białkowego torfu, to czy nie można tego zjawiska wykorzystać w warunkach polowych na łąkach świeżo zmeliorowanych. Uruchamianie azotu organicznego torfu bez konieczności jego rozpylania wydawało się nam znacznie prostszym i tańszym przedsięwzięciem w przeciwieństwie do

¹ Badania niniejsze są częściowo finansowane przez V Wydział PAN.

orki, która jest dość brutalnym sposobem ingerencji człowieka w ten naturalny twór przyrody, jakim jest torfowisko.

Z drugiej zaś strony chodziło nam o prześledzenie procesów przebiegających na torfowisku zmeliorowanym, które nie jest ani zagospodarowane, ani nawożone.

Ostatnie lata przyniosły w tej dziedzinie wiele kontrowersyjnych i ożywionych dyskusji między zwolennikami melioracji torfowisk za wszelką cenę i tymi, którzy dopatrywali się w zbyt pośpiesznej melioracji torfowisk więcej zła niż pożytku.

Badania nasze zostały wykonane na niskim torfowisku „Biel”, w powiecie Otwock.

BADANIA WŁASNE

METODYKA BADAN

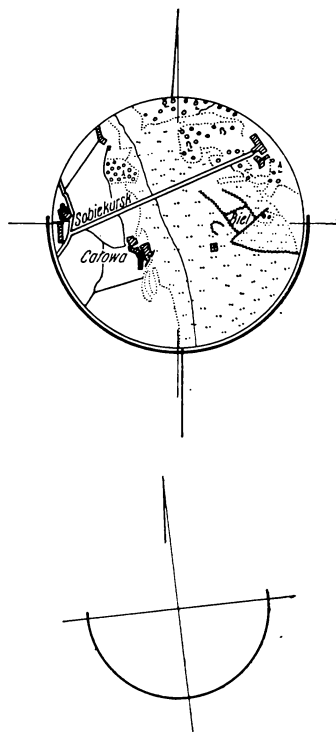
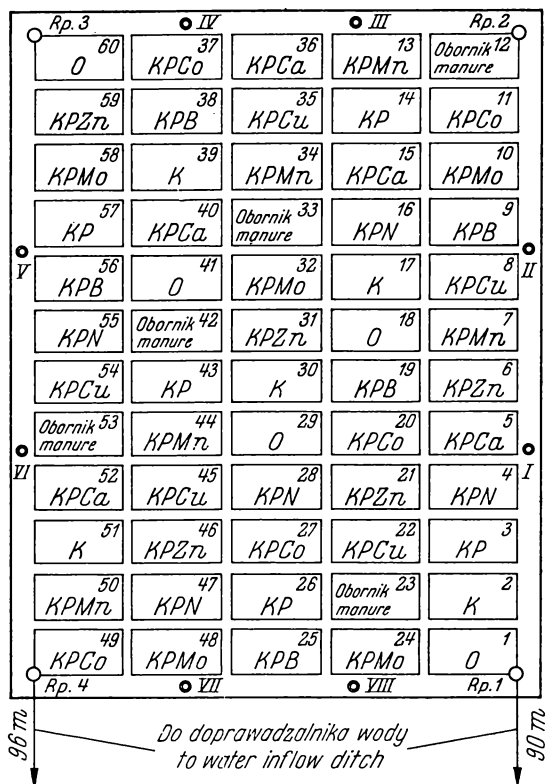
Badania nad wpływem nawożenia i warunków siedliskowych na procesy amonifikacji i nityfikacji w glebie torfowej łąki naturalnej rozpoczęto w 1959 r. W roku tym były prowadzone intensywne melioracje, mające na celu odwodnienie torfowiska i przywrócenie go gospodarce rolnej jako obiektu produkcyjnego.

Jeszcze na zabagnionym torfowisku (10 maja 1959 r.) założono doświadczenie wg schematu podanego na rys. 1. Wstępne badania, które prowadzono w 1959 r., miały na celu wytyczenie poletek, uporządkowanie powierzchni doświadczalnej (rys. 2), założenie trwałych reperów (rys. 3) i 8 studzienek kontrolnych, określenie składu chemicznego siana I i II pokosu oraz własności chemicznych i fizycznych torfu. Równocześnie usunięto mech, który zalegał warstwą grubości do 15 cm. Jesienią zaś tego samego roku wywieziono obornik i wysiano wapniak na poletka wybrane losowo. Pozostałe nawozy wysiewano w następnych latach, w terminach podanych w tab. 1.

Ustalając dawki mikroelementów oparto się o dane najczęściej spotykane w literaturze. Natomiast dawki potasu i fosforu wyznaczono na podstawie potrzeb nawozowych gleb torfowych [30]. Wszystkie nawozy były analizowane w laboratorium na zawartość 3 głównych składników nawozowych. Obornik analizowano dwukrotnie: raz jako świeży nawóz ze średnich próbek, pobieranych w tym samym dniu, w którym roztrząsano go na łące, drugi raz wiosną po wygrabieniu jako nie rozłożone resztki organiczne.

Takie podejście pozwoliło ustalić ilość składników pokarmowych (NPK) faktycznie wprowadzonych na łąkę wraz z obornikiem. Wyniki tych analiz podane są w tab. 2.

Zastosowanie stosunkowo dużych dawek nawozów mineralnych,



Rys. 1. Plan sytuacyjny łąk doświadczalnych torfowiska „Biel”
Site plan of experimental meadows on the peatland „Biel”

a w szczególności obornika, było podyktowane tym, że torfowisko, na którym założono doświadczenie, znajdowało się do roku 1959 w stanie dzikim i niezmeliorowanym. Jedynym zabiegiem pratotechnicznym, jaki wykonywano do roku 1959 na tym torfowisku, było sporadyczne pozyskiwanie zimą po lodzie siana na ściółkę.

W 1960 r., począwszy od 1.IV aż do 20.IX, co 10 dni pobierano łaską Egnera próbki torfu z głębokości do 20 cm w 15 punktach na każdym poletku. W latach 1961/62 próbki pobierano w identyczny sposób co 15 dni, natomiast w 1963 r. pobrano je tylko 7 razy w ciągu okresu wegetacyjnego. Próbki po przewiezieniu do laboratorium natychmiast analizowano. W okresie czteroletnim zbadano ich 2940.

Azot amonowy i azotanowy oznaczono w wyciągu 1% K_2SO_4 , wytrąsając na stumiejscowym mieszadle Egnera 50 g świeżego torfu w butelkach szklanych.

Azot azotanowy oznaczono za pomocą kwasu fenolodwusulfonowego, według metody opisanej przez Schillaka [39]. Azot amonowy ozna-



Rys. 2. Kopiec wykoszonego w pierwszym pokosie 1959 r. ściółkowego siana, składającego się głównie z mchów i turzyc

Haystack from first 1959 cut, littered hay composed mainly of mosses and sedges



Rys. 3. Uporządkowana powierzchnia doświadczalnej łąki po sprzącie drugiego pokosu w 1959 r.

Clea surface of experimental meadow after third 1959 cut

czono za pomocą odczynnika Nesslera [za 1]. Pomiaru ekstynkcji dokonywano na visomacie KWT oraz na spektrofotometrze Unicam-600 przy 410 i 430 λ .

Równoległe z oznaczeniem amoniaku i azotanów oznaczono w świeżym torfie wagowo zawartość wody w temperaturze 105 °C. Wyniki uzyskane dla N amonowego i N azotanowego przeliczono na suchą masę 1 litra torfu (105 °C).

Każdorazowo przy pobieraniu próbek torfu na łące robiono pomiary lustra wody, mierzono jej temperaturę oraz temperaturę gleby na głębokości 10 cm.

T a b e l a 1

Terminy wysiewu i dawki nawozów w kg/ha czystego składnika
Sowing dates and fertiliser doses in kg/ha pure constituent

Składnik nawozowy Fertiliser constituent	1959	1960		1961		1962		Forma nawozu Form of fertiliser
	13.XI	11.IV	19.XI	6.IV	15.XI	12.IV	20.VI	
K ₂ O	-	128,1	-	118,5	-	132,3	-	40% sól potas. potass. salt
P ₂ O ₅	-	27,3	-	19,4	-	25,2	-	superfosf. pyl. superphosph. powd.
N	-	63,4	-	63,2	-	63,2	63,2	saletra amon. ammon. nitrate
CaO	595	-	695	-	638	-	-	wapniak (CaCO ₃) calc. carbon.
Zn	-	6,8	-	6,8	-	6,8	-	ZnSO ₄ · 7H ₂ O (cz)
Mn	-	16,6	-	16,6	-	16,6	-	MnCl ₂ · 4H ₂ O (cz)
Cu	-	23,9	-	23,9	-	23,9	-	CuSO ₄ (cz)
B	-	3,4	-	3,4	-	3,4	-	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O (cz)
Mo	-	10,7	-	10,7	-	10,7	-	Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O (cz)
Co	-	-	-	6,2	-	7,4	-	CoCl ₂ · 6H ₂ O (cz)
obornik w q/ha	400	-	300	-	200	-	-	świeży z obory głębokiej fresh from "long" manure

T a b e l a 2

Bilans składników dostarczonych łące w oborniku
Balance of constituents supplied to meadow soils in farmyard manure
kg/ha

Składnik Constituent	400 q/ha		300 q/ha		200 q/ha		Σ a	Σ a - Σ b	Σ b
	13.XI. 1959 a	10.V. 1960 b	19.XI. 1960 a	12.IV. 1961 b	15.XI. 1961 a	12.IV. 1962 b			
K ₂ O	210,7	193,8	166,0	155,7	128,0	117,1	504,7	38,1	466,6
P ₂ O ₅	80,4	32,3	53,4	34,6	49,8	25,7	183,6	91,0	92,6
N	216,0	77,4	150,8	87,3	92,0	47,7	458,8	246,4	212,4
Sucha masa w q Dry matter	82,00	14,40	90,00	55,40	51,00	24,50	223,0	128,7	94,3

a - ilość składników dostarczonych jesienią (13.XI)
amounts of constituents added in autumn (13.XI)

b - ilość składników wyługowanych z obornika do gleby
amounts of constituents washed out from manure to soil

Σ a - suma a - sum a

Σ b - suma b - sum b

Σ a - Σ b - suma składników zawartych w resztkach obornika, wygrabianych co roku na wiosnę
sum of constituents contained in the manure residues racked out every year in spring

CHARAKTERYSTYKA TORFU I TORFOWISKA

Torfowisko „Biel” położone jest w pradolinie Wisły na wysokości około 91 m. n.p.m., w powiecie Otwock. Na 6 km na wschód od Wisły, przy kończącym się tarasie wydmowym w rejonie wsi Całowanie (rys. 1), występuje wyraźne zagłębienie, ciągnące się aż do tarasu dyluwialnego, którego szczyt znajduje się na 11 km przekroju poprzecznego od koryta Wisły i wzniesiony jest około 18 m nad tarasem zalewowym.

Taki układ terenu spowodował powstanie torfowiska u podnóża tarasu dyluwialnego. Przy udziale wody wysiękowej i spływającej zagłębienie to zarastając wypełniło się roślinnością i przekształciło w torfowisko.

Całe torfowisko ma wyraźny spadek poprzeczny w kierunku Wisły i nieznaczny spadek podłużny równoległy do Wisły. Płaszczyzna torfowiska ma kształt lekko zagłębionej szerokiej „rynny”, której dłuższy i wyższy koniec opiera się na tarasie dyluwialnym, niższy zaś na tarasie wydmowym. Tego rodzaju ukształtowanie powierzchni torfowiska świadczy o działalności wody spływającej i wysiękającej z tarasu dyluwialnego w kierunku Wisły, a której odpływ hamowany był częściowo przez wznoszący się taras wydmowy. Gdyby ten proces nie był przerwany przez wykopanie kanału Bilińskiego w 1954 r., narastanie torfu byłoby coraz większe i zasięg torfowiska byłby coraz szerszy, rozszerzałby się on przede wszystkim na tarasie wydmowym.

Mięszość torfu na całym torfowisku jest bardzo różna i, jak wykazały badania przeprowadzone przez Instytut Geologiczny [28], waha się od 30 do 400 cm. W miejscu, gdzie założono doświadczenie, grubość warstwy torfu wynosi około 200 cm, a głównym jego składnikiem są: turzyce i trzcina, domieszkę zaś stanowią drzewo i mchy w niewielkiej ilości.

Układ warstw jest następujący: warstwę stropową tworzy torf turzycowo-trzcinowy na warstwie torfu nieznacznie zamulonego i drzewno-turzycowo-trzcinowego, które tworzą warstwy spągowe.

Szczegółowa geobotaniczna charakterystyka tego torfu, wykonana w 1962 r. przez Maciaka [23] na zewnętrznym pasie ochronnym w pobliżu 12 poletka (rys. 1), podana jest w tab. 3. Naturalny układ i przebieg czynników i zjawisk przyrodniczych został zahamowany z chwilą wkroczenia człowieka. Koszenie i wywożenie siana (turzycowo-trzcinowego z dużą domieszką mchów brunatnych) zmniejszyło narastanie torfu. Wreszcie przeprowadzone w latach 1958—1959 szczegółowe melioracje spowodowały odwodnienie torfowiska, co w konsekwencji przerwało całkowicie proces bagienny i błotny na korzyść procesu glebotwórczego.

Próbki torfu, pobrane 17 czerwca 1959 r., tzn. jeszcze przed okresem

całkowitego odwodnienia torfowiska, wykazały w wierzchniej warstwie skład chemiczny, przedstawiony w tab. 4. Należy przy tym dodać, że ciężar 1 dm³ tego torfu wynosi 1065 g, a całkowita pojemność wodna około 531%; średnio w 60 próbkach, pobranych z warstwy od 0 do 20 cm, torf zawierał 70,7% substancji organicznej i 29,3% części popielnych.

Tabela 3

Geobotaniczna charakterystyka torfu - Geobotanical characteristics of the peat

Głębokość Depth m	Phragmites communis	Carex sp.	Menyanthes trifoliata	Bryales	Salix sp.	Stopień rozkł. torfu Decomposition degree w %	Popielność w % a.s.m. Ash % d.m.	pH w - in H ₂ O
0,25	70	15	-	10	5	40	20,7	5,3
0,50	90	5	-	3	2	40	9,8	5,4
1,00	85	10	-	5	-	35	10,8	5,9
1,50	70	10	5	10	5	40	11,6	5,5

Tabela 4

Chemiczna charakterystyka torfu - Chemical characteristics of the peat

Głębokość Depth cm	Zawartość w % s.m. Content in % d.m.					Zawartość w mg na 1 kg s.m. Content in mg/kg d.m.						pH w - in	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₅	Zn	Mn	Cu	B	Mo	Co	H ₂ O	KCl
0-20	3,14	1,77	0,15	1,50	4,50	30,1	190	9,1	10,9	12,6	0,00	5,4	4,9

Z danych zawartych w tab. 4 wynika, że torfowisko, na którym założono doświadczenie, jest na ogół zasobne w azot, fosfor, żelazo, mangan i cynk; ubogie jest natomiast w potas i kobalt. Według danych Liwskiego [18, 19] gleby torfowe z reguły zawierają bardzo małe ilości kobaltu; i tu w większości przypadków nawet na drodze analizy spektralnej nie dało się go uchwycić, bądź znajdowano tylko jego ślady.

Stosunkowo bardzo duża zawartość manganu w zbadanych próbkach torfu ma zapewne swój związek z dość dużą sorpcją tego pierwiastka w torfach kwaśnych [26, 33].

Spośród makroskładników na szczególne omówienie zasługuje fosfor. Otóż torfowisko „Biel” zawiera znaczne pokłady wiwianitu, który występuje na różnych głębokościach. Znaczne jego ilości występowały też pod powierzchnią, na głębokości 10—30 cm. Przeprowadzona analiza chemiczna tego minerału wykazała, że zawiera on ponad 14% P₂O₅.

Reasumując należy stwierdzić, że torfowisko „Biel” do roku 1959 zawierało przeważnie torfy turzycowo-trzcinowe, mało zróżnicowane i w niewielkim stopniu rozłożone. Torfy te mają odczyn kwaśny, są

bardzo zasobne w azot i fosfor głównie pochodzenia wiwianitowego. W chwili rozpoczęcia badań torf zachowywał swoje naturalne cechy torfu niskiego, nieznacznie tylko zamulonego.

PRZEBIEG WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH I HYDROLOGICZNYCH W OKRESIE BADAŃ

Przebieg warunków klimatycznych i hydrologicznych w poszczególnych okresach wegetacyjnych był niejednorodny.

Najniższe sumy średnich dobowych temperatur dla okresu od 1 kwietnia do 30 września były w latach 1960 i 1962. Najcieplejszym zaś okresem wegetacyjnym było lato 1963 roku, kiedy to suma średnich dobowych temperatur wynosiła ponad 2900 °C i była znacznie wyższa od poprzednich.

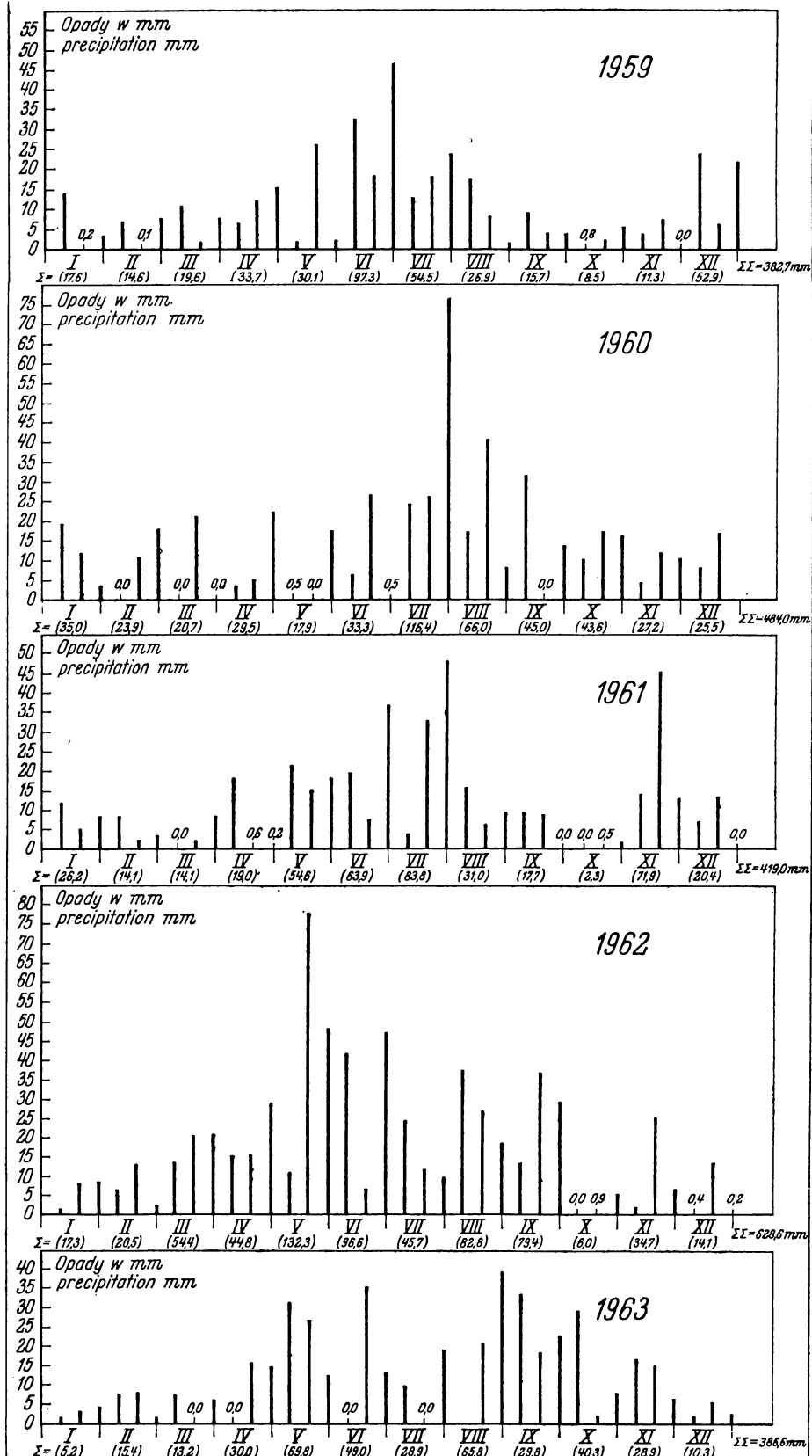
W rozkładzie opadów zaznaczyły się także duże różnice. Najsuchszym miesiącem w 5 wegetacyjnych okresach był wrzesień 1959 r. (15,7 mm opadów), najbardziej zaś wilgotnymi miesiącami były: maj 1962 r. (132,3 mm) i lipiec 1960 r. (116,4 mm opadów), (rys. 4). W okresie od kwietnia do września 1962 r. było więcej opadów niż np. w ciągu całego roku 1959 lub 1961 czy 1963 r. Te znaczne różnice w rozkładzie opadów decydowały głównie o warunkach hydrologicznych torfowiska w poszczególnych latach. I tak na przykład dość znaczne opady w miesiącu lipcu, a częściowo także i w sierpniu 1960 r., spowodowały podniesienie poziomu wody gruntowej blisko powierzchni gleby (rys. 5). Podobnie i w roku 1962 bardzo obfite deszcze (zwłaszcza w maju i czerwcu), spowodowały wystąpienie wody na powierzchnię łąki i utrzymywanie się jej na wysokości od 0 do 10 cm przez około 4 tygodnie (rys. 5).

W ostatnim roku prowadzenia badań, który był rokiem działania następczego nawozów (1963), wskutek wysokich średnich temperatur (rys. 5) oraz stosunkowo niewielkiej ilości opadów (rys. 4) poziom wody gruntowej obniżył się do 80 cm i był najniższym poziomem wody gruntowej notowanym w ciągu pięcioletniego prowadzenia obserwacji i pomiarów.

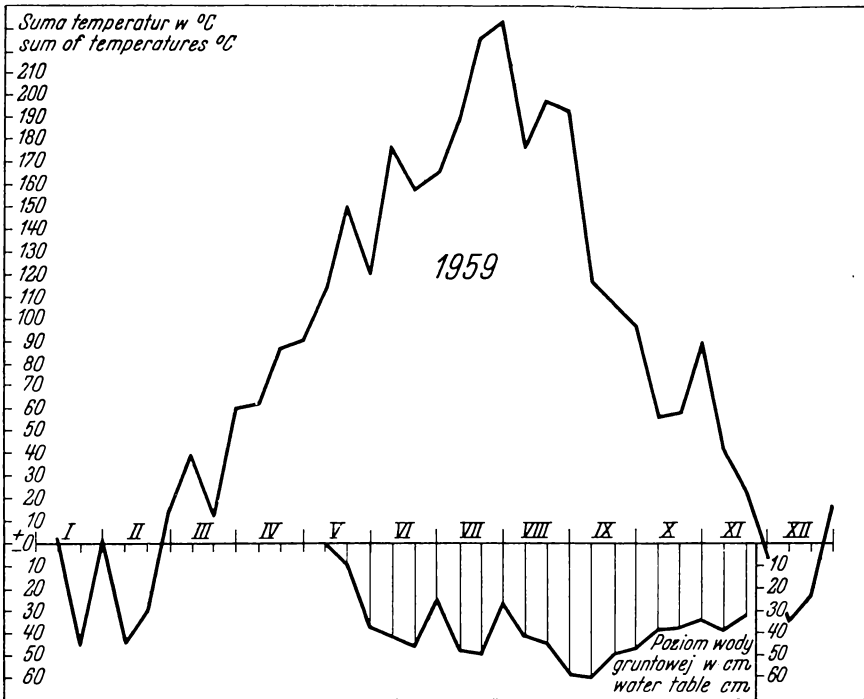
Wahania poziomu lustra wody gruntowej oraz jej temperatury podane są na rys. 5 na tle krzywej przebiegu sum średnich dobowych temperatur powietrza i temperatury gleby na głębokości 10 cm.

WPLYW NAWOŻENIA NA DYNAMIKĘ AMONIAKU W TORFIE

Ze zbadanych w czteroletnim okresie 2940 próbek świeżego torfu na zawartość azotu amonowego najwyższe średnie stężenie N-NH₃ w latach nawożenia wystąpiło w próbkach z 1962 r. Średnio dla wszystkich



Rys. 4. Dekadowy rozkład opadów w 1959—1963
Decadal distribution of precipitation in 1959—1963



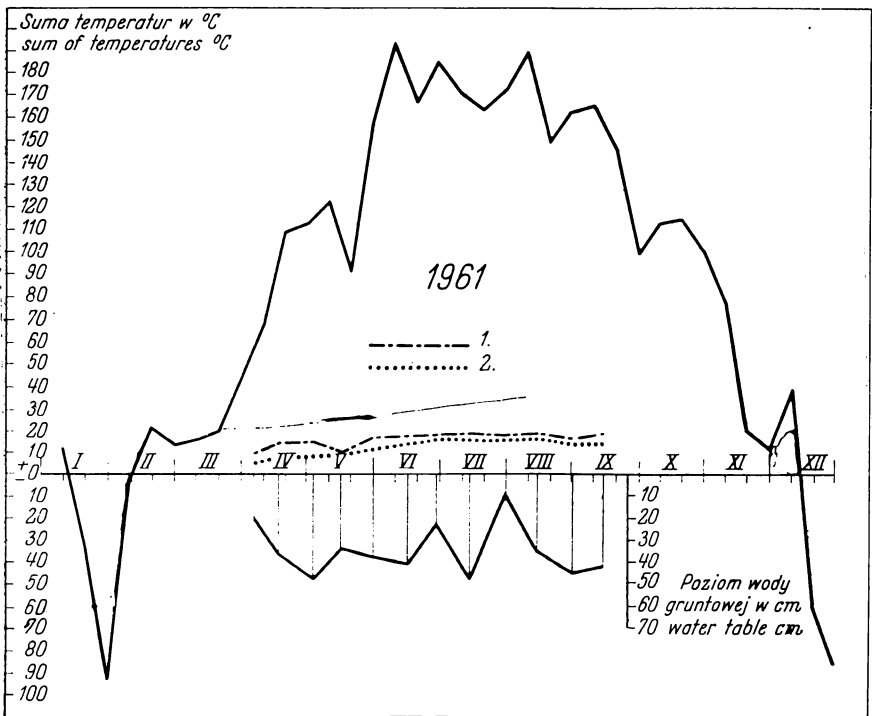
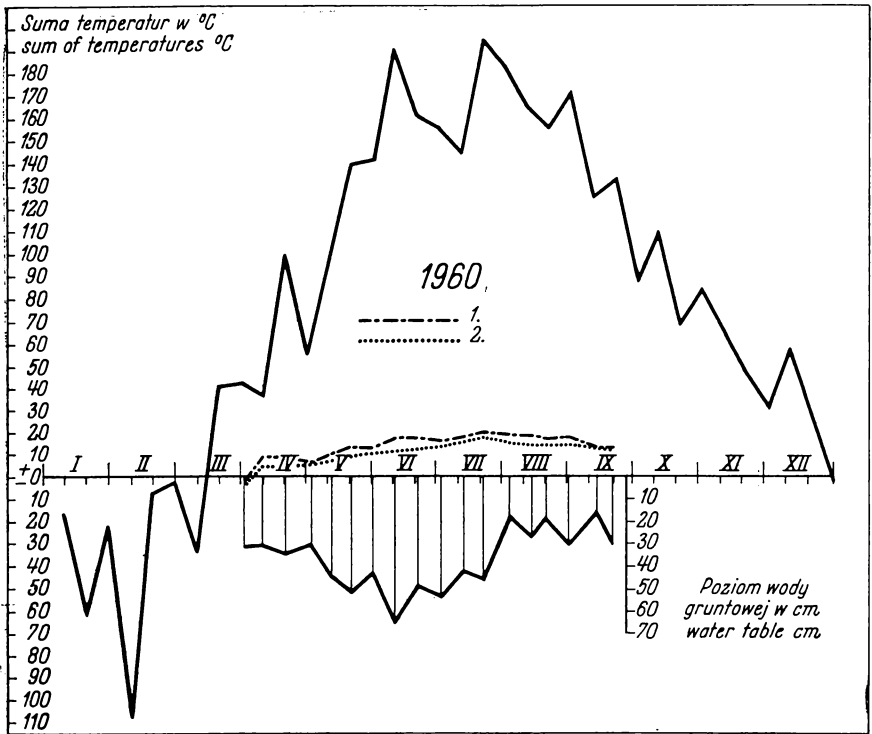
Rys. 5. Temperatura powietrza i poziom lustra wody gruntowej w latach 1959—1963
 1 — temperatura gleby, 2 — temperatura wody w studzienkach
 Air temperature and water table in 1959—1963
 1 — soil temperature, 2 — water temperature in test pits

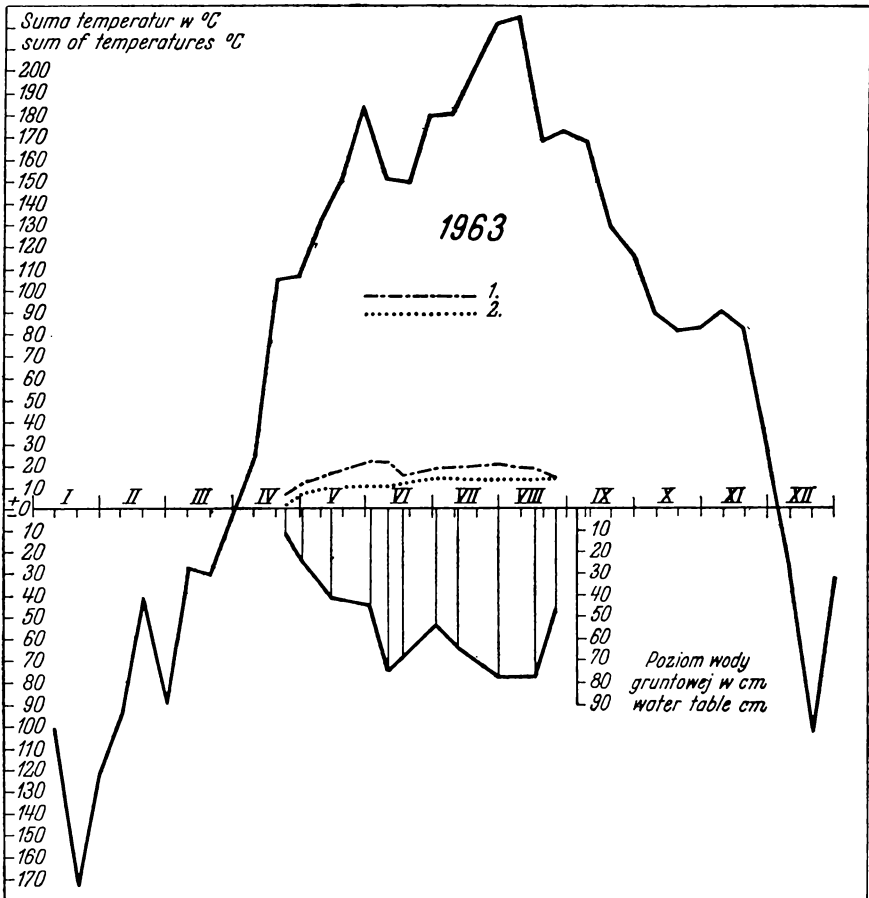
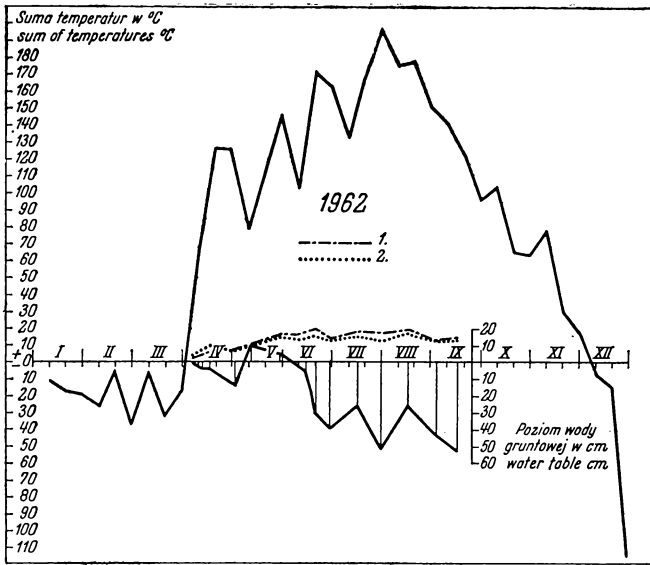
kombinacji wynosiło ono około 14,0 mg N-NH₃ na liter, przy różnicach między poszczególnymi kombinacjami od 12,1 do 17,3 mg. W latach 1960—1961 zawartość N-NH₃ między poszczególnymi kombinacjami nawozowymi wahała się od 8,6 do 13,9 mg/litr. Można zatem przyjąć, że nawożenie mikroelementami w latach 1960—1961 miało niewielki wpływ na dynamikę procesów amonifikacji.

Inne nieco było stężenie N-NH₃ w 1963 r., tj. w roku następczego działania nawozów. Było ono wtedy najwyższe i średnio ze wszystkich kombinacji nawozowych wynosiło około 14,7 mg, przy wahaniami od 12,7 do 20,2 mg N-NH₃ na liter.

W świetle uzyskanych wyników zarówno mikro- jak i makronawozy nie miały istotnego wpływu na amonifikację azotu.

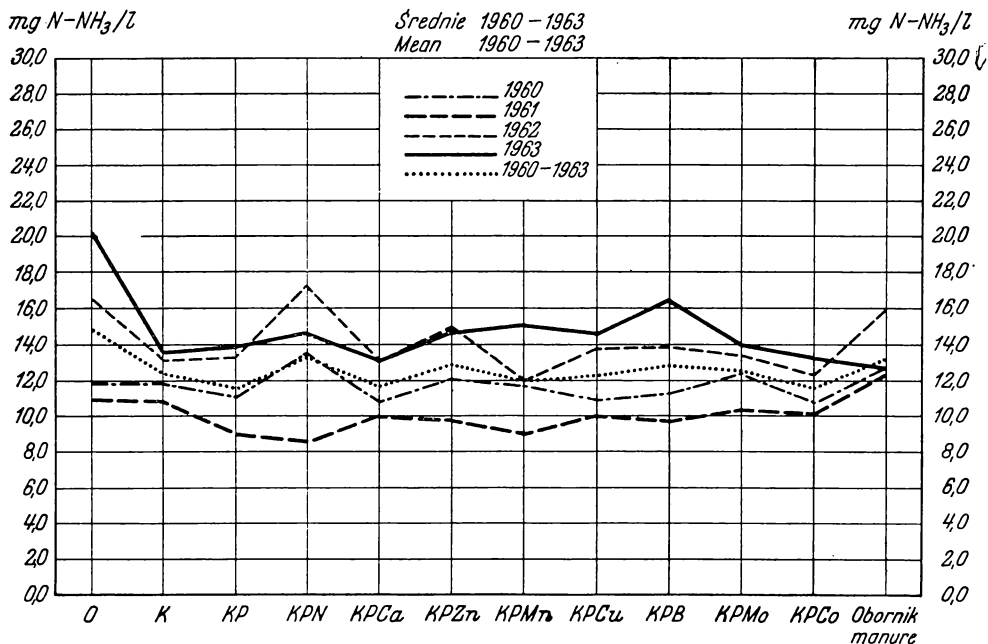
Jedynie na osobne podkreślenie zasługują dane z kombinacji zerowej oraz z nawożeniem NPK. O ile w pierwszych dwu latach (1960—1961) nie stwierdzono na poletkach zerowych większych różnic w azocie amonowym, o tyle w latach następnych (1962 i 1963) zawartość N-NH₃





znacznie wzrosła w porównaniu z innymi kombinacjami nawozowymi. W 1962 r. zawartość $N-NH_3$ w torfie z kombinacji O wynosiła prawie tyle samo co i z kombinacji NPK. W czwartym roku po zmeliorowaniu, tj. w 1963, średnia zawartość amoniaku na poletkach kontrolnych w całym okresie wegetacyjnym znacznie przewyższyła pozostałe kombinacje nawozowe i wynosiła 20,2 mg $N-NH_3$ na litr torfu (rys. 6). Na rysunku 6 przedstawiono graficznie te zależności.

Zawartość $N-NH_3$ w mg/l torfu
 $N-NH_3$ content, mg/l peat



Rys. 6. Wpływ nawożenia na amonifikację azotu torfowiska
 Effect of fertilizers on ammonification of peat soil nitrogen

Jak widać, na poletkach w kombinacji NPK z reguły znajdowano wyższe zawartości $N-NH_3$, z wyjątkiem roku 1961, kiedy średnia zawartość amoniaku jest nieco niższa w porównaniu z pozostałymi kombinacjami. Z rysunku 9 widać, że obniżenie to nie dotyczyło okresu wczesnej wiosny, 16 kwietnia, a więc w 10 dni po wysiewie nawozów azotowych, zawartość amoniaku w kombinacji NPK wynosiła ponad 18 mg na litr i była wyższa o około 100% w stosunku do PK.

O wysokiej na ogół zawartości $N-NH_3$ w torfie z kombinacji NPK zadecydowało głównie nawożenie azotowe, co jest zgodne z danymi

zawartymi w pracy Kiełpińskiego [15]. I tak w 1960 r., saletrę amonową wysiano 11.IV, zaraz po pobraniu próbek glebowych, a już 22.IV zawartość N-NH₃ wynosiła 33,3 mg, 22.V — 30,1, 11.V — 21,3 oraz 20.V — 28,4 mg/litr. Okres wpływu saletry amonowej na zwiększenie zawartości amoniaku w glebie wynosił w 1960 r. około 45 dni. Natomiast w latach 1961 i 1962 okres ten trwał tylko około 25 dni przy nawożeniu wiosennym i około 30—35 dni przy nawożeniu letnim. Największa zawartość N-NH₃, jaką stwierdzono w 4-letnim okresie badań, wynosiła 44,5 mg/litr. Otrzymano ją 7.IV.1962 r. na kombinacji z obornikiem (rys. 10). Ma to swoje uzasadnienie w tym, że kiedy 7 kwietnia 1962 r. po raz pierwszy pobierano próbki na łące, torf był rozmarznięty zaledwie do głębokości 5—6 cm. W warstwie tej zapewne była nagromadzona znaczna ilość amoniaku, pochodząca z ługowania i rozkładu obornika. W kilka dni po całkowitym rozmarznięciu torfu i gwałtownym ruszeniu rośliny ilość amoniaku się znacznie zmniejszyła, wynosząc zaledwie 17,5 mg/litr.

Z powyższych danych wynika również, że nawożenie saletrą amonową najdłużej wywierało swój wpływ na obecność azotu amonowego w torfie w 1960 r. Fakt ten należy tłumaczyć tym, że w 1960 r. właściwa roślinność zaczęła się dopiero w maju. Średnia miesięczna dla kwietnia 1960 r. wynosiła zaledwie 6,4 °C, a suma średnich temperatur tylko 191,8 °C. W roku tym wiosna była bardzo spóźniona. Jeszcze na początku maja były notowane dość silne przymrozki, hamujące w znacznym stopniu procesy życiowe roślin, a w tym również pobieranie azotu przez korzenie traw i innych roślin.

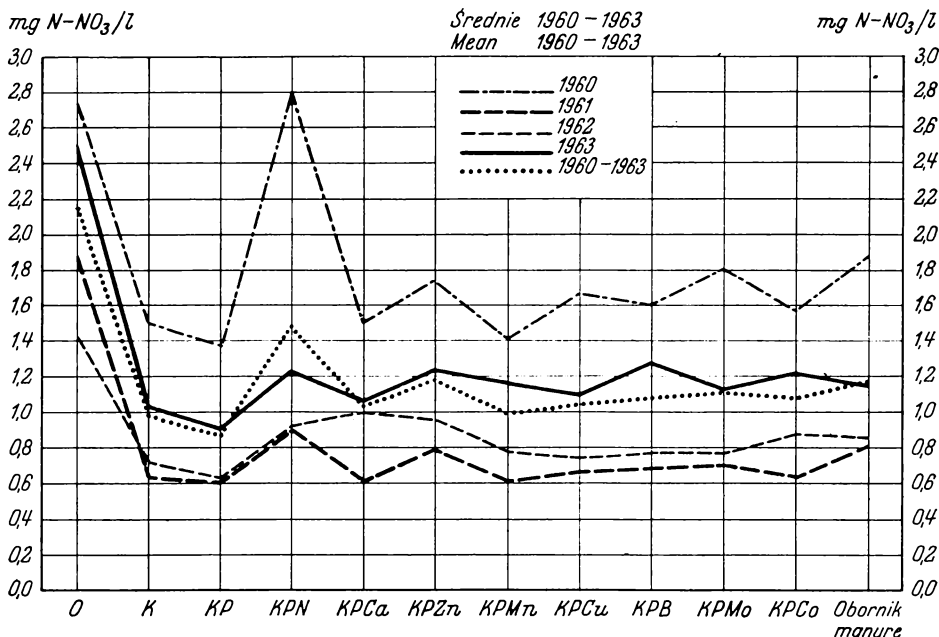
WPLYW NAWOŻENIA NA DYNAMIKĘ AZOTANÓW W TORFIE

W odróżnieniu od dynamiki amoniaku najwyższą dynamikę azotanów notowano w 1960 r., a więc w pierwszym roku po odwodnieniu torfowiska. Średnia zawartość N-NH₃ dla całego sezonu wegetacyjnego wynosiła: na nawożeniu molibdenem — 1,8, cynkiem — 1,7, na oborniku — 1,9, na saletrze amonowej i na poletkach kontrolnych bez nawożenia po 2,8 mg/litr. Średnia ze wszystkich kombinacji w 1960 r. wynosiła około 1,8 mg N-NO₃ na litr, gdy tymczasem w 1961 r. wynosiła ona zaledwie około 0,8, a w 1962 r. — 0,9 mg/litr. Dopiero w roku następnym (1963), w którym suma średnich dobowych temperatur w okresie wegetacyjnym wynosiła aż 2907,2 °C, nastąpił wzrost azotanów i średnia zawartość N-NO₃ dla tego okresu wynosiła 1,3 mg, przy wahaaniach 0,9 do 2,2 mg na litr między kombinacjami nawozowymi.

Dane z rys. 7 wyraźnie wskazują, że najwyższa zawartość azotanów notowana była na łące nie nawożonej (O). Jedynie w 1960 r. nieco wyż-

szą zawartość N-NO₃ od poprzedniej notowano na łące nawożonej saletrą amonową, ale tylko dlatego, że na wysokość średniej z kombinacji NPK wpłynęła duża ilość azotanów. Zawartość azotu azotanowego, jaką oznaczono w torfie w dniach 22.IV, 2.V i 11.V.1960 r. (rys. 8), wynosiła ponad 8 mg na litr i pochodziła zapewne z saletry amonowej.

Zawartość N-NO₃ w mg/l torfu
N-NO₃ content, mg/l peat

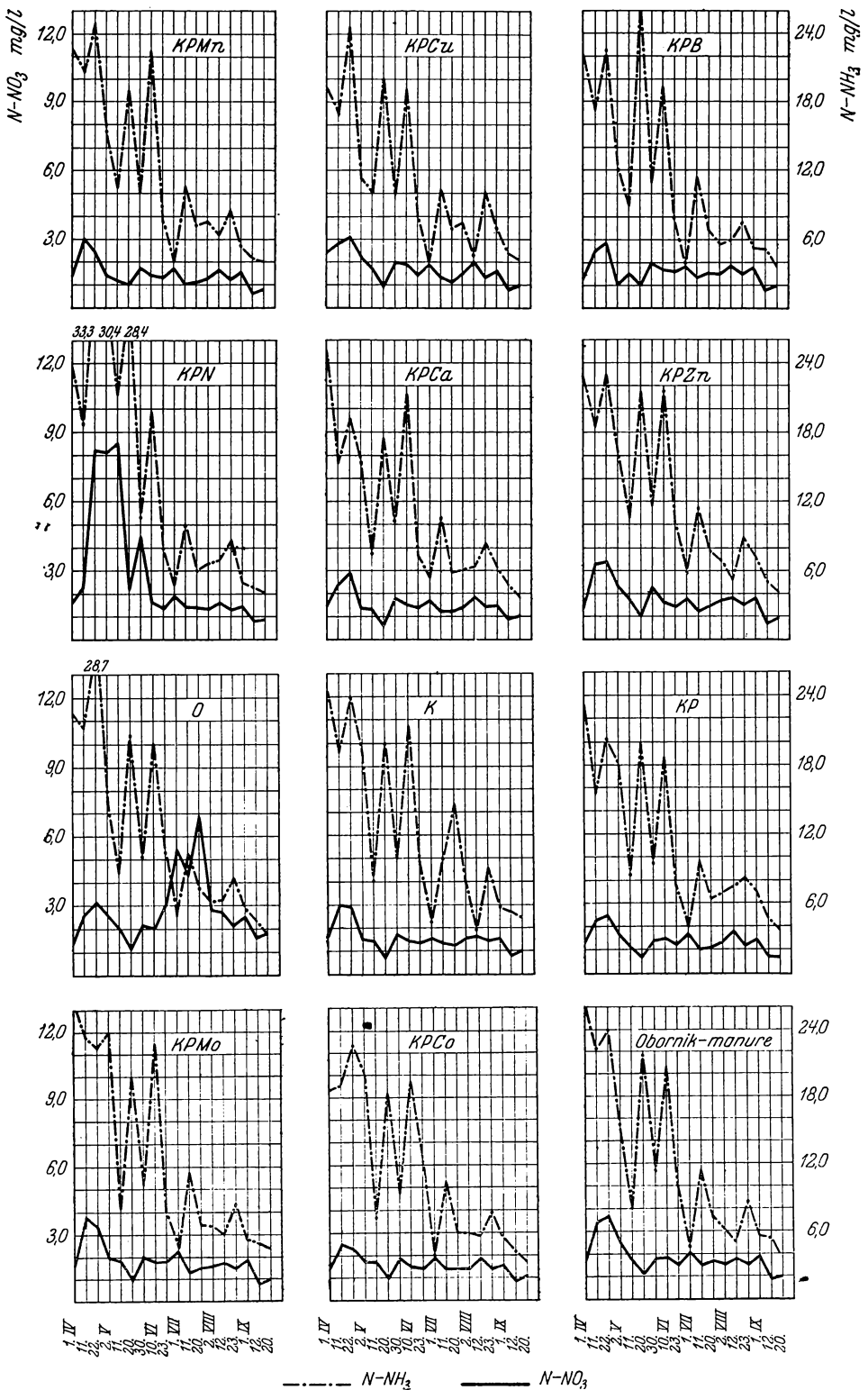


Rys. 7. Wpływ nawożenia na nityfikację azotu torfowiska
Effect of fertilizers on nitrification of peatsoil nitrogen

Z powyższego wynika, że nie tylko amonowa część saletry, ale także azotanowa przez dłuższy okres czasu utrzymywała się w formie azotanowej w torfie w niezmienionej formie.

Jeśli chodzi o pozostałe składniki nawozowe, to podobnie jak przy zawartości amoniaku zarówno makro-, jak mikroelementy nie miały większego wpływu na proces nityfikacji w 1960 r. Nieznaczna tylko tendencja zwykłą można było zauważyć w 1960 r. na nawożeniu cynkiem, molibdenem oraz obornikiem. W dalszych latach wpływ ten jednak zanikał, a różnice w zawartości azotanów między poszczególnymi kombinacjami, z wyjątkiem poletek kontrolnych i KPN, były niewielkie.

O ile trudno się dopatrzeć zasadniczych różnic w działaniu po-



Rys. 8. Dynamika amoniaku i azotanów w 1960 r.
 Dynamics of ammonia and nitrates 1960

szczególnych mikroelementów i mikroskładników nawozowych na procesy nitryfikacji i amonifikacji, o tyle nasilenie tych procesów w czasie wymaga osobnego omówienia.

WPLYW WARUNKÓW FIZYCZNYCH NA PRZEBIEG PROCESÓW AMONIFIKACJI I NITRYFIKACJI

W świetle danych z literatury tempo przyrostu azotanów oraz amoniaku w torfowisku jest wypadkową działania wielu czynników, wśród których temperatura powietrza i wilgotność środowiska wydają się odgrywać główną rolę. Wprawdzie dotychczas mało wykonywano prac na temat wpływu temperatury na amonifikację i nitryfikację torfowiska w warunkach naturalnych, ale na podstawie badań przeprowadzonych przez Andersona i Purvisa [2], Fredericka [7], Tylera i innych [49] można przyjąć, że nitryfikacja i amonifikacja jako procesy biologiczne [52] zachodzą w temperaturze od $+2$ do $+35^{\circ}$, przy czym wyraźne nasilenie tych procesów zaczyna się od $+7^{\circ}\text{C}$.

Co do udziału światła w tych procesach opinie są podzielone. Według danych Żółcińskiego [56], a następnie potwierdzonych przez Trelję [48], światło, a szczególnie promienie ultrafioletowe, mają decydujący wpływ na tzw. fotochemiczną nitrifikację. Zdaniem wyżej wymienionych autorów w ciemności nitryfikacja nie zachodzi.

Czynnik świetlny, chociaż w warunkach laboratoryjnych mógł odgrywać pewną rolę jako katalizator procesu fotochemicznego nitryfikacji amoniaku (Fraps i Sterges [4] są innego zdania), w warunkach naturalnej łąki, pokrytej roślinnością i gęstą darnią, schodzić musi na dalsze miejsce.

Inaczej rzecz się przedstawia z wpływem powietrza. Według badań Świętochowskiego i Krygiela [46] już przy 9% zawartości powietrza w glebie torfowej tworzenie się azotanów jest bardzo słabe, a zdaniem Nömmika [35] zawartość wody powyżej 60—70% całkowitej pojemności wodnej utrudnia dyfuzję tlenu przyspieszając procesy denitryfikacji. Tego samego zdania są Wijler i Delwiche [51]. Również Bac i Świętochowski [3] Greaves [10], Kaila [12], Łazukowa [21], Michniewicz [29], Świętochowski [43, 46], Walczyna [50] utrzymują, że woda może oddziaływać pośrednio i bezpośrednio na procesy nitryfikacji i amonifikacji w glebach uprawnych i łąkach. Wprawdzie Bac i Świętochowski podają, że maksimum tworzenia się azotanów w torfie przypada przy 86—89% pełnego nasycenia wodą, to jednak dla tempa amonifikacji białek, zdaniem Marszewskiej-Ziemieckiej [27], najkorzystniej przebiega przy 40—60% nasycenia wodą.

Niezależnie jednak od tego, jaki jest mechanizm procesów uruchamiających azot torfowiska, tworzenie się azotanów i amoniaków na zmeliorowanym torfowisku może przynosić różne skutki w zależności od tego, jaką formę gospodarki przyjmujemy na torfowisku po zmeliorowaniu i odwodnieniu.

Odwodnienie torfowiska „Biel” w 1959 r. przebiegało dość szybko. Zjawisku temu sprzyjało nie tylko duże tempo kopania rowów odwadniających, ale również korzystny przebieg pogody. Mała ilość opadów w okresie letnio-jesiennym (rys. 4) oraz wysoka temperatura lata (rys. 5) spowodowały obniżenie się zwierciadła wody gruntowej do 60 cm (rys. 5). Tak zwane obniżenie się zwierciadła wody oraz pewne zabiegi pratotechniczne przyspieszyły zanik pierwotnej roślinności bagiennej. To znowu sprzyjało nagromadzeniu się w torfie znacznych ilości azotanów i amoniaku. Toteż pobrane we wrześniu jednorazowo próbki torfu zawierały ponad 2 mg N-NO₃ i 15 mg N-NH₃ w 1 litrze.

W 1960 r. przebieg procesu amonifikacji był śledzony co 10 dni. Poczynając od wczesnej wiosny aż do jesieni zawartość amoniaku w torfie wykazywała wyraźną tendencję spadkową i to niezależnie od kombinacji nawozowej. W natężeniu procesów amonifikacji w torfie stwierdzono kilka „szczytów”. Najwyższy zanotowany był 22.IV, drugi 20.V, trzeci 10.VI, czwarty 20.VII i piąty najniższy 23.VIII. Rozpiętość poszczególnych „szczytów” była dość znaczna; wahała się, pomijając NPK, od 28,7 do 3,4 mg N-NH₃ w litrze. W przeliczeniu na hektar daje to od 6,8 do 57,4 kg czystego azotu, znajdującego się do dyspozycji roślin.

W przebiegu nityfikacji nastąpił tylko jeden wczesnowiosenny „szczyt” dla wszystkich kombinacji nawozowych (między 11 a 22.IV) oraz dwa minima: 20.V i 12.IX. Niezależnie od ekstremów wiosennych (bardzo zbliżonych swoją wielkością na wszystkich kombinacjach nawozowych), na poletkach kontrolnych zaznaczył się wyraźnie letni wielki szczyt, przypadający na 20 lipca (rys. 8). Na podstawie danych, uzyskanych na poletkach kontrolnych, można stwierdzić, że w 1960 r. najwyższe natężenie nityfikacji przypadło na okres od 1 do 20 lipca. W tym czasie zawartość azotu azotanowego w 20-centymetrowej warstwie torfu dochodziła do 14 kg na hektar. To spostrzeżenie przeczyłoby tezie Simakina [42], że zanik azotanów w glebie nie jest konsekwencją bezpośredniego pobrania ich przez system korzeniowy roślin.

Na badanej łące odwodnienie torfowiska oraz brak nawożenia potasowego ograniczały w znacznym stopniu rozwój roślinności. To z kolei ograniczyło pobieranie przez korzenie azotu azotanowego. Na kombinacjach nawozowych, gdzie roślinność w zasadzie rozwijała się bujnie, pobieranie przez rośliny azotu azotanowego było bardziej równomierne. Na tych poletkach nie zachodziło zjawisko większego gromadzenia się

azotanów w torfie. Znaczne obniżenie zawartości N-NO₃, jakie wystąpiło około 20 maja, miało wyraźny związek z dużą aktywnością biologiczną roślin w pobieraniu tej formy azotu.

Inaczej nieco wyglądał przebieg nitryfikacji i amonifikacji w 1961 r. Poza ogólnym zmniejszeniem się tempa przyrostu azotanów i amoniaku największe natężenie procesu amonifikacji przypadło na 29 czerwca. Również i na ten okres przypada nieznaczne zwiększenie zawartości azotanów w torfie. W 1961 r. kwiecień był na ogół ciepły i suchy. Wprawdzie do 15 kwietnia notowane były przygruntowe przymrozki, ale średnia dobowa temperatura miesiąca była dość wysoka (+9,7 °C), a suma opadów wynosiła 19,0 mm, przy czym 18,2 mm opadów przypadało na pierwszą dekadę miesiąca (rys. 4). Wegetacja w roku tym ruszyła dość wcześnie, np. rzeżucha łąkowa *Cardamine pratensis* zaczęła kwitnąć już 6 kwietnia, a knieć błotna *Caltha palustris* miała już bardzo silnie rozwinięte pąki kwiatowe. W 1960 r. knieć błotna zaczęła rozwijać pąki kwiatowe dopiero 22 kwietnia, a kostrzewa czerwona *Festuca rubra* w tym samym roku zaczęła rozwijać pierwsze blaszki liściowe dopiero 2 maja.

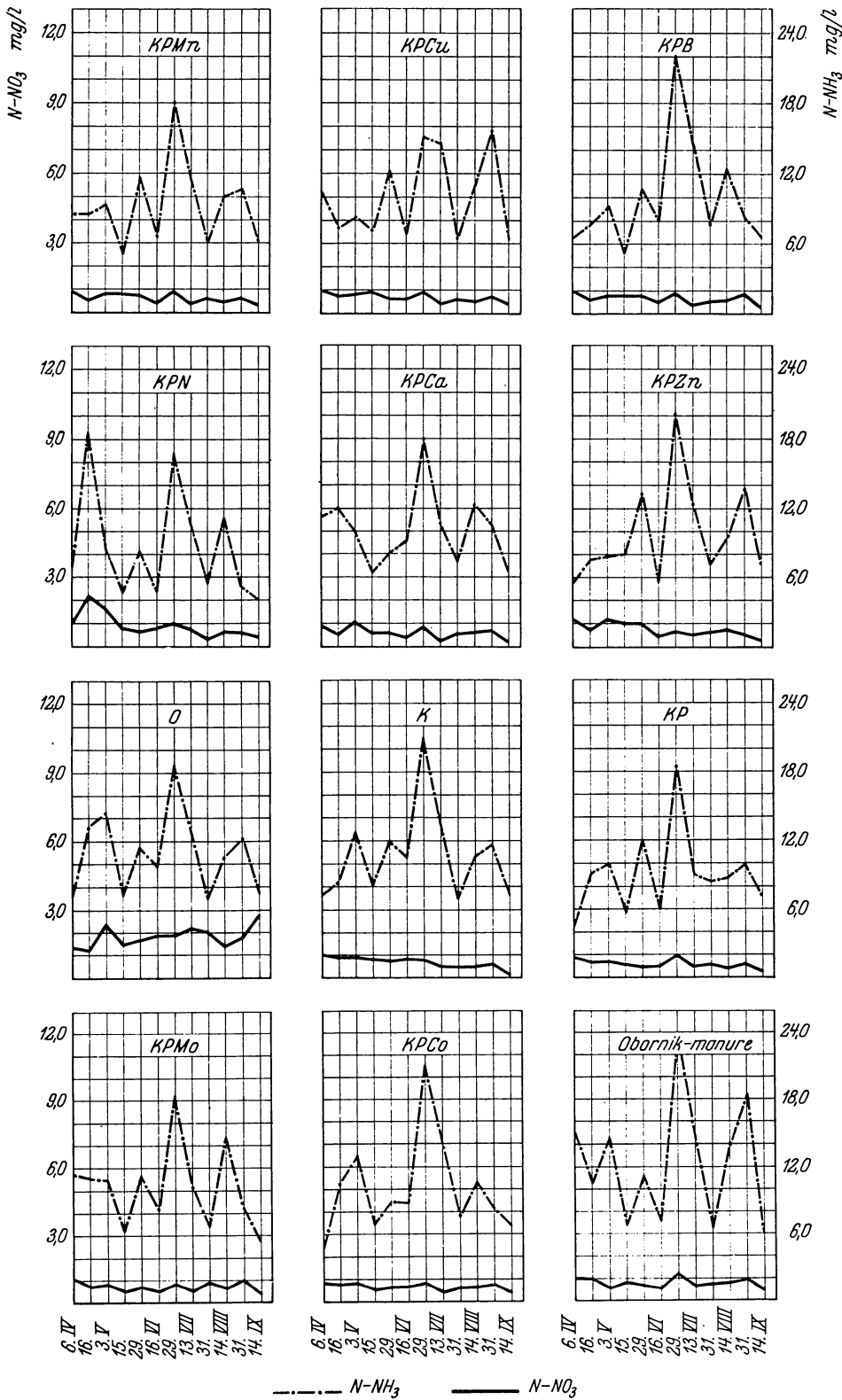
Wczesne ruszenie wegetacji w 1961 r. spowodowało szybkie pobranie przez rośliny rozpuszczalnych form azotu i było główną przyczyną braku tzw. wiosennego „szczytu” w stężeniu amoniaku i azotanów w torfie.

Jeśli chodzi o krzywą nitryfikacji, to w 1961 r. przebiegała ona bardzo łagodnie na poletkach przykrytych roślinnością. Natomiast na poletkach pozbawionych w znacznym stopniu roślinności (0), stężenie azotanów było dwukrotnie wyższe, a maksimum natężenia procesu nitryfikacji przypadło na początek maja, drugie — około 13 lipca i najwyższe około 14 września.

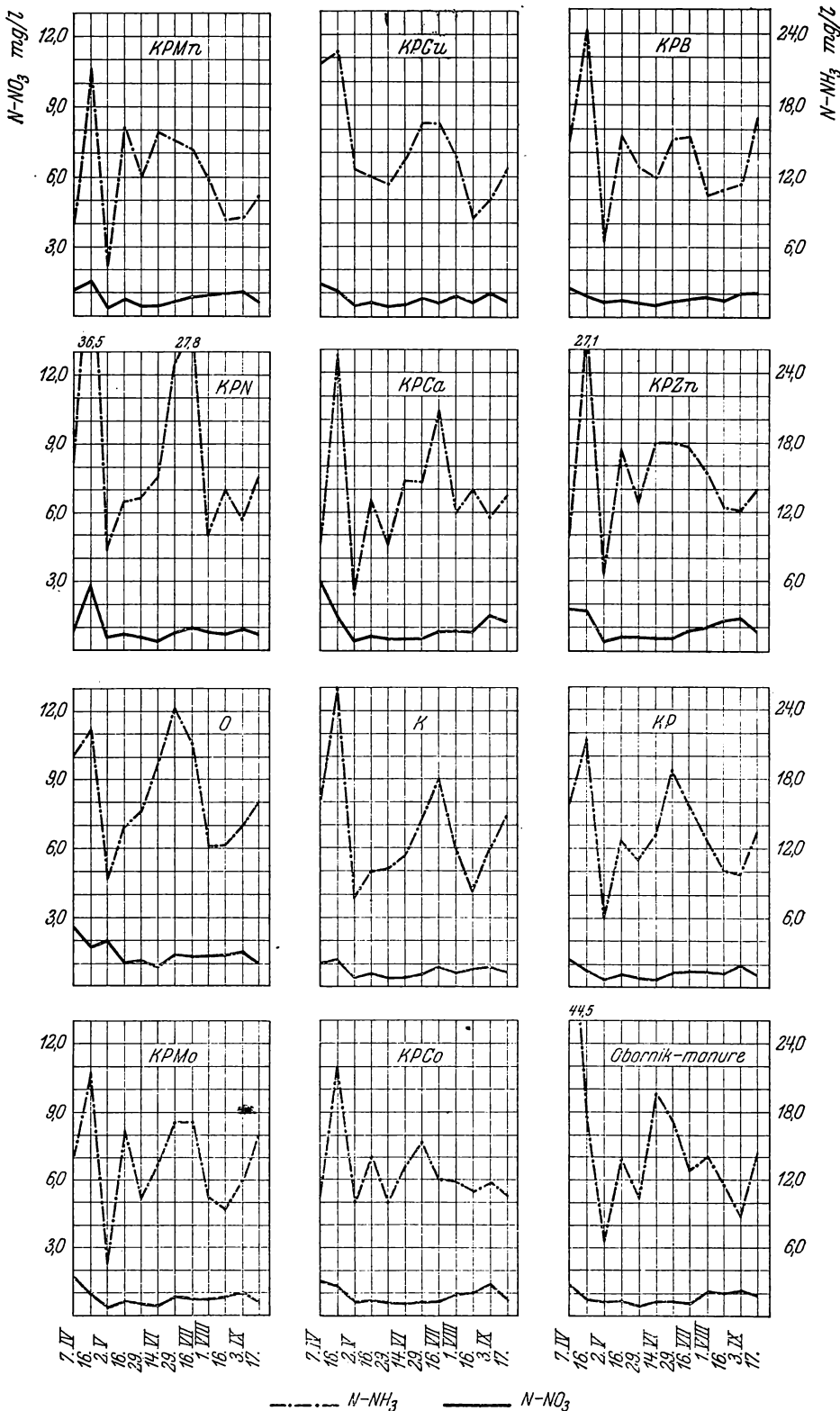
W 1962 r. powstała jeszcze inna sytuacja. Maximum natężenia amonifikacji wystąpiło bowiem w połowie kwietnia, a więc mniej więcej tak jak w 1960 r., a drugie maksimum przypadło, podobnie jak w 1961 r., na koniec czerwca. Również około połowy września można było zauważyć pewien skok w zawartości N-NH₃ w torfie, wskazujący na istnienie sprzyjających warunków do tworzenia i gromadzenia się amoniaku.

Jeśli chodzi natomiast o zawartość azotanów, to była ona największa w pierwszej połowie kwietnia. Po tym okresie nastąpił dość duży spadek zawartości azotanów w torfie, spowodowany nie tylko pobieraniem przez rośliny, ale wymywaniem (rys. 5 i 10).

Spadek ten nastąpił na wszystkich kombinacjach nawozowych, włącznie z poletkami kontrolnymi. Dopiero w lipcu i sierpniu krzywa przyrostu azotanów zaczęła się podnosić osiągając swój drugi szczyt około 3 września. Przebieg warunków klimatycznych był tu czynnikiem decy-



Rys. 9. Dynamika amoniaku i azotanów w 1961 r.
Dynamics of ammonia and nitrates 1961



Rys. 10. Dynamika amoniaku i azotanów w 1962 r.
 Dynamics of ammonia and nitrates 1962

dującym. 6 kwietnia poziom wody gruntowej był równy z powierzchnią łąki, a temperatura gleby wynosiła $+3^{\circ}\text{C}$. Torf był zaledwie rozmarnięty na głębokości 5—7 cm, z wyjątkiem poletek zerowych, na których torf był rozmarnięty tylko do głębokości 3 cm. 12.IV poziom wody gruntowej opadł do 4—5 cm, ale torf w dalszym ciągu nie był jeszcze rozmarnięty. 16.IV vegetacja w zasadzie ruszyła, z wyjątkiem poletek kontrolnych, gdzie torf w dalszym ciągu jeszcze nie rozmarniał. Dopiero 2 maja zanotowano pełną vegetację, chociaż temperatura gleby na głębokości 10 cm wzrosła zaledwie do $+6^{\circ}\text{C}$ (rys. 5). Powolne rozmarnianie torfu, a tym samym zahamowanie vegetacji w kwietniu 1962 r., było spowodowane częstymi przymrozkami. Z tego też powodu nagromadzone w glebie amoniak i azotany nie mogły być intensywnie pobierane przez rośliny, a do chwili rozmarnięcia torfu nie mogły być też przemieszczane w głąb torfu. Po tej znacznej depresji 2 maja rozpoczął się ponowny wzrost natężenia procesu amonifikacji, osiągając swój szczytowy punkt między 29 czerwca i 16 lipca, a na poletkach nawożonych obornikiem nawet już 14 czerwca. Ten przyrost amoniaku był spowodowany wybitnie niekorzystnymi warunkami klimatycznymi, średnia bowiem dla maja wynosiła $+11^{\circ}\text{C}$, a więc była najniższa w ciągu 5 lat. Poza tym tej niskiej temperaturze towarzyszyły obfite opady deszczu, a niekiedy nawet śniegu. Tylko w ciągu maja suma opadów wynosiła 132,3 mm. Wskutek tego powierzchnia torfowiska znalazła się pod wodą, gdyż istniejące urządzenia odwadniające, łącznie z kanałem Bilińskiego, nie były w stanie odebrać tak dużego jej nadmiaru. To zalanie torfowiska i zatrzymanie się wody na jego powierzchni przez około 28 dni, spowodowało zahamowanie rozkładu torfu i rozpoczęcie wtórnego procesu bagiennego. Jednocześnie przyczyniło się do znacznego zaniku azotanów bądź przez denitryfikację, bądź też z powodu wymycia przez wodę. Warunki anaerobowe, jakie powstały w torfowisku, sprzyjały wszelkim procesom redukcyjnym, a w tym także i amonifikacji.

W celu stwierdzenia wielkości wymywania azotanów i amoniaku w okresie tego krytycznego dla łąk okresu badano zawartość tych dwóch form azotu w wodzie studzienek kontrolnych oraz w rowie odprowadzającym wodę. Wyniki analiz chemicznych wody podaje tab. 5.

Woda w studzienkach kontrolnych była bardzo bogata w azot azotanowy i amonowy. Największe stężenie amoniaku w wodzie zanotowano 16 maja (3,1 mg/litr wody). Temperatura gleby zalanej całkowicie wodą w tym dniu wynosiła $+9^{\circ}\text{C}$, a wody było na powierzchni łąki od 5 do 10 cm.

Warto przy tym zaznaczyć, że dwa dni przed pobraniem próbek gleby do analizy chemicznej, tj. 14.V, spadł deszcz w ilości ponad 70 mm.

Podobną, choć nieco mniejszą zawartość azotanów i amoniaku wykazała woda pobrana z rowów melioracyjnych. Zawierała ona średnio około 0,2 mg N-NO₃ i 1 mg N-NH₃ w 1 litrze. Przeliczając to na 1 ha i głębokość 60 cm otrzymamy około 8 kg czystego azotu, który odpłynął do rowów w maju z 1 ha samego torfowiska „Biel”.

Tabela 5

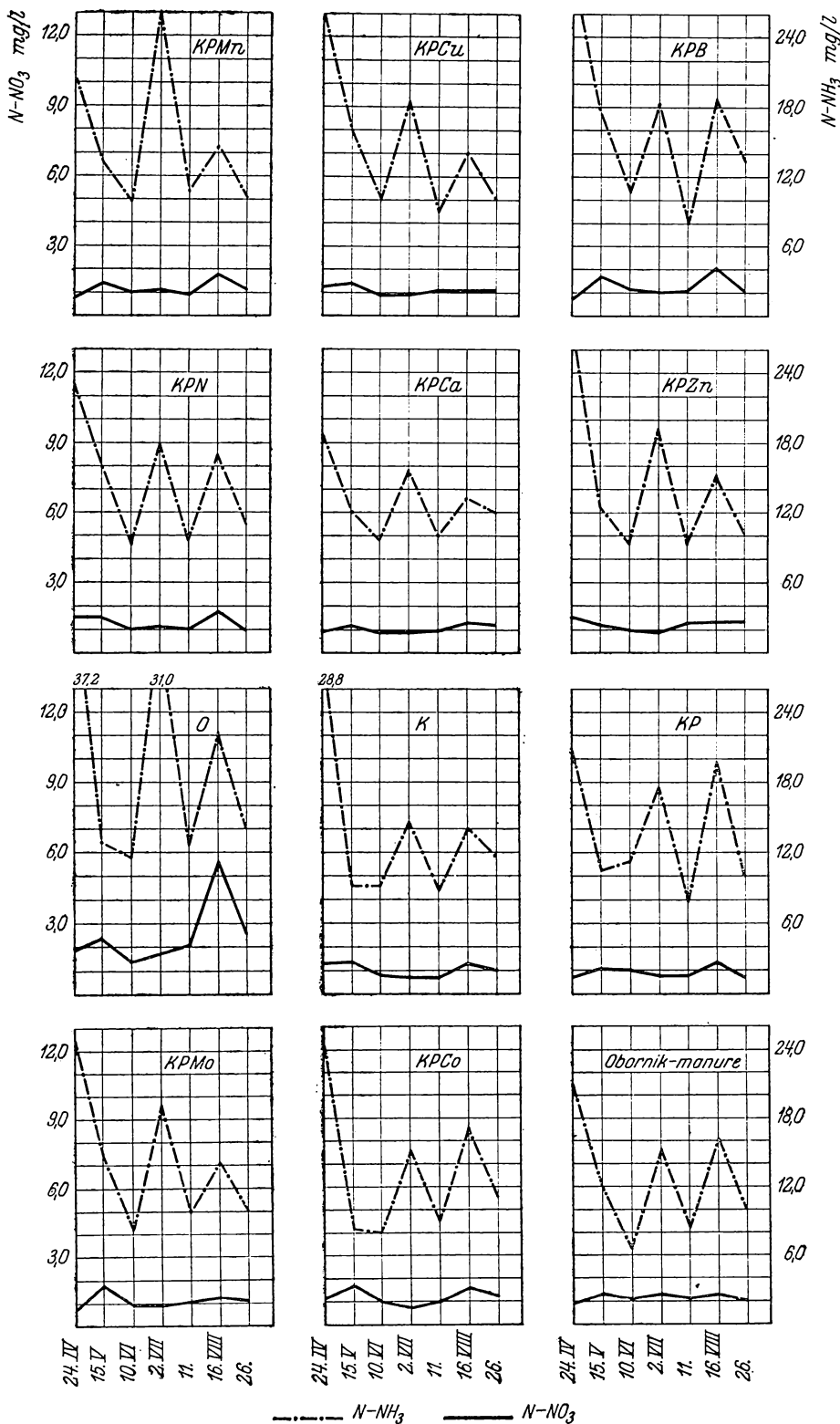
Zawartość N-N O₃ i N-N H₃ w wodzie studzienek i rowie melioracyjnym w mg/litr
N-NO₃ and N-NH₃ content in the water of the test pit and the drainage ditch, mg/l

Pochodzenie wody Water from	Forma azotu Nitrogen form	16.IV	2.V	16.V	29.V	14.VI	29.VI	16.VII	Średnia Mean
Studzienki	N-NO ₃	0,2	0,1	0,3	0,5	0,6	0,3	0,2	0,3
Pit	N-NH ₃	0,4	0,7	3,1	1,2	0,4	2,4	1,1	1,3
Rów	N-NO ₃	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Ditch	N-NH ₃	-	-	-	1,4	1,5	1,0	0,7	1,1

W 1963 r. dynamika azotanów i amoniaku była badana tylko 7 razy. Pierwszy i „najwyższy szczyt” stężenia amoniaku przypadł na 24 kwietnia, drugi, nieco niższy, na 2 lipca, a trzeci najniższy przypadł około 16 sierpnia. Natomiast jeśli chodzi o zawartość azotanów, to stwierdzono wyraźne dwa szczyty: 15.V i 16.VII (rys. 11).

Należy podkreślić, że drugi azotanowy „szczyt”, który wystąpił na poletkach kontrolnych w połowie sierpnia 1963 r., był najwyższy po 1960 r., kiedy to ilość azotanów dochodziła do 7 mg w 1 litrze torfu. Jednocześnie wilgotność próbek torfu świeżego w tym dniu była najniższa z wszystkich lat i wynosiła 67,4%.

Na marginesie danych zawartych na rys. 11 warto jest odnotować, że podobnie jak w 1960 r. wegetacja w 1963 r. ruszyła bardzo późno. Jeszcze przy pierwszym pobieraniu próbek torfu 24.IV temperatura gleby na głębokości 10 cm wynosiła zaledwie +6 °C, a temperatura wody w studzienkach na poziomie 11 cm — tylko +1 °C. Wprawdzie w tym czasie kwitły już na łące knieć błotna i wełnianka wąskolistna, ale laską Egnera natrafiono jeszcze na zmarznięty torf, a na poletkach bez nawożenia (O) laska Egnera wchodziła zaledwie na głębokość 10 cm. Stąd też wyjątkowo duże nagromadzenie azotanów i amoniaku, dorównujące pierwszemu okresowi wegetacyjnemu zaraz po zmeliorowaniu torfowiska (1960), kiedy natężenie procesów nityfikacyjnych było najwyższe (rys. 8).



Rys. 11. Dynamika amoniaku i azotanów w 1963 r.
Dynamics of ammonia and nitrates 1963

DYSKUSJA

Przedstawione wyżej wyniki badań nad przebiegiem amonifikacji i nityfikacji w glebie torfowej w warunkach naturalnych upoważniają nas do poruszenia paru zagadnień dyskusyjnych.

W wielu pracach, a między innymi w pracy Rousseta [38], Pietruszczyńskiego [36], Kałaczkowa [14], Sideriego [41] i Zawarzina [53] przewija się twierdzenie, że mangan wpływa na intensywność procesu nityfikacji. Wprawdzie Sideri [41] stwierdził, że znaczne zwwyżki plonów, jakie otrzymał, zależały od nasilenia procesów utleniania substancji organicznej, a więc niekoniecznie na ten proces musiało wpłynąć nawożenie manganowe, w którym mangan znajdował się w formie Mn, a więc w formie zredukowanej.

Większość badań przeprowadzonych z manganem miała charakter laboratoryjny lub też dotyczyła gleb uprawnych. W dostępnej dla nas literaturze nie spotkaliśmy pracy traktującej o wpływie nawożenia manganowego na procesy nityfikacji w torfie w warunkach naturalnych. W naszych badaniach uzyskaliśmy wynik negatywny. Nawożenie manganowe nie wpłynęło ani w sposób istotny na zwiększenie się procesów nityfikacyjnych i amonifikacyjnych, ani na plon siana, ani też na plon azotu. Nieznacznie wpłynęło tylko na zwiększenie się mikroflory glebowej wczesną wiosną (Zimny [55]).

Podobnie jak nawożenie manganowe, tak nawożenie borem, kobaltem i miedzią nie miały istotnego wpływu na procesy nityfikacyjne i amonifikacyjne. Wprawdzie niektórzy autorzy w warunkach laboratoryjnych (Kałaczkow [14], Maciak [22], Zawarzin [53]) uzyskali pewne przyrosty azotanów na tych nawozach, ale w naszych badaniach na torfowisku „Biel” nie znalazło to potwierdzenia ani w istotnym przyroście azotanów i amoniaków, ani też azotu w plonie.

Przy nawożeniu siarczanem miedzi stwierdzono nawet zmniejszenie aktywności bakterii i promieniowców (Zimny [54, 55]), a w ostatnich dwóch latach (1962—1963) nawożenie to nawet obniżyło dynamikę życiową makroflory.

Spośród mikronawozów jedynie cynk i molibden w pierwszym roku (1960) nieznacznie wpłynęły na zwiększenie się zawartości azotanów w torfie. Wpływ nawożenia siarczanem cynku uwidocznił się nie tylko w powiększeniu nasilenia procesów nityfikacji, ale i częściowo amonifikacji. Znalazło to swój wyraz zarówno w zwiększonej zawartości N-NO₃ i N-NH₃ w torfie, jak i w ogólnym plonie azotu z hektara za okres 4 lat [32]. Różnice te jednak nie były udowodnione statystycznie.

Przy omawianiu różnych środków nawozowych na nityfikację i amonifikację nie należy pominąć nawozów wapniowych.

K o w a l e w s k a j a [16] podaje, że pod wpływem wapnowania zwiększa się proces rozkładu substancji organicznej w glebie, a zmniejsza ilość azotu ogółem. Autorka ta [16] pisze, że wapnowanie uaktywnia działalność mikrobiologiczną gleby oraz zmienia charakter i kierunki procesów rozkładu substancji organicznej. K a i l a i inni [13] stwierdził, że gromadzenie amoniaku w torfie kwaśnym rośnie wraz ze wzrostem temperatury od $+5^{\circ}\text{C}$ wzwyż. W torfie wapnowanym maksimum gromadzenia amoniaku i azotanów przypada na $+20^{\circ}\text{C}$. T a ł p s e p p [47] zauważył, że ilość azotanów w glebie znacznie się zwiększała wskutek wapnowania, przy czym różnice w okresie letnim wynosiły nawet 15—20 mg na 1 kg gleby. Także i F r e d e r i c k [6] stwierdził dodatni wpływ wapnowania na nityfikację.

W naszych badaniach na torfowisku „Biel” wapnowanie łąki nie przyniosło tak dobrych wyników, o jakich wspominają wyżej cytowani autorzy [6, 47]. Począwszy od 1961 r. zauważono wprawdzie pewien pośredni wpływ wapnowania na plon azotu i aktywność biologiczną roślinności, ale nie był to efekt, na jaki liczone.

Jeśli chodzi o pozostałe makroskładniki, mówić o nich można bardziej jako o składnikach wpływających na wykorzystanie azotu torfowiska przez rośliny niż o czynnikach bezpośrednio aktywizujących procesy nityfikacji i amonifikacji.

Reasumując należy stwierdzić, że na ogół większe ilości N-NH_3 w porównaniu z zawartością N-NO_3 , jakie stwierdzono w ciągu czteroletniego okresu badań, były wywołane różnicą intensywności tych procesów. Przebieg warunków klimatycznych (niska stosunkowo temperatura gleby oraz znaczne ilości opadów) sprzyjały bardziej procesom amonifikacji niż nityfikacji. Poza tym niskie pH, jakie panowało w środowisku i to zarówno na poletkach wapnowanych, jak i nie wapnowanych, sprzyjało pobieraniu przez rośliny przede wszystkim N w formie azotanowej (G ó r s k i [9], M a k s i m o w [24]), obniżając w ten sposób ogólną zawartość azotanów w torfowiskach. Zjawisko to jednak z punktu widzenia rolniczego należy uznać za korzystne.

WNIOSKI

Na podstawie 5-letnich obserwacji i badań nad dynamiką amoniaku i azotanów w glebie zmeliorowanego torfowiska „Biel” można wyciągnąć następujące wnioski.

1. W zmeliorowanym torfowisku „Biel” w pierwszym roku po odwodnieniu nityfikacja przebiegała znacznie intensywniej niż w latach następnych. Postępująca w latach następnych pewna równowaga w procesach biochemicznych została ponownie zachwiana w czwartym roku

po odwodnieniu torfowiska, a to wskutek wysokiej temperatury lata i znacznego obniżenia poziomu wody gruntowej.

2. Natężenie procesów amonifikacyjnych było w znacznym stopniu zależne od przebiegu pogody (temperatura i opady), wywierającej bezpośredni wpływ na wilgotność i zawartość tlenu w torfie. Przy nadmiernej wilgotności i wysokiej temperaturze procesy amonifikacyjne górowały nad procesami nityfikacji.

3. Stosunkowo niska zawartość azotanów w torfie w porównaniu z zawartością amoniaku była konsekwencją różnic w natężeniu tych procesów, jak również w aktywniejszym pobieraniu N-azotowego przez korzenie roślin wieloletnich.

4. Występowanie maksimów i minimów zawartości azotanów i amoniaku w warunkach badanego torfowiska było bardziej zależne od aktywności życiowej roślin, a w znacznie mniejszym stopniu od nasłonecznienia, temperatury i wilgotności torfu.

5. Występowanie maksimów wczesnowiosennych było uzależnione od aktywności biologicznej roślin, tj. od terminu ruszenia vegetacji. W tych samych dniach kalendarzowych przy spóźnionych wiosnach zawartość amoniaku i azotanów wzrastała, natomiast przy wczesnych wiosnach ilość N-NO₃ i N-NH₃ znacznie w torfach malała.

6. Wielkość ubytku azotanów i amoniaku z torfowiska jest wypadkową ilości opadów w okresie vegetacyjnym, natężenia procesów nityfikacyjnych i amonifikacyjnych oraz aktywności biologicznej roślin. Przy dużych opadach straty azotu na drodze wymywania dochodziły do 8 kg z hektara w ciągu jednego miesiąca.

7. Zastosowanie na torfowisku „Biel” mikroelementów przez 3 kolejne lata na tle nawożenia fosforowo-potasowego nie dało wyników zachęcających do stosowania tych pierwiastków jako środków aktywizujących procesy amonifikacji i nityfikacji na torfowisku zmeliorowanym.

W tym miejscu składam podziękowanie za umożliwienie mi tej pracy Komitetowi Melioracji, Łąkarstwa i Torfoznawstwa V Wydziału PAN.

Ze szczególną wdzięcznością wspominam ustosunkowanie się do moich badań nie żyjącego już Prof. Dr J. Grzymały.

LITERATURA

- [1] Allport Noel L.: Analiza kolorymetryczna. PZWL, Warszawa (tłum. z ang.),
- [2] Anderson O. E., Purvis E. R.: Effects of low temperatures on nitrification and ammonia in soil. Soil Sci., t. 80, 1955, s. 313.
- [3] Bac S., Świętochowski B.: Badania wpływu stosunków wodnych w torfowisku niskim na niektóre zjawiska biochemiczne i plonowanie. Roczn. Nauk Roln. i Leśn., t. 32, z. 1, 1934, s. 1.

- [4] Fraps G., Sterges A. J.: Effect sunlight of the nitrification of ammonium salts in soils. *Soil Sci.*, t. 39, 1935, s. 2.
- [5] Frąckowiak H.: Wpływ przemianowego użytkowania węglanowych torfów dolinowych na szybkość mineralizacji azotu. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 72-F-2, 1957, s. 793.
- [6] Frederick L. R.: The formation of nitrate from ammonium nitrogen in soils. *Soil Sci. of Am. Proc.*, t. 20, 4, 1956, s. 496.
- [7] Frederick L. R.: Formation of nitrate from ammonium nitrogen in soils; effect of population of nitrifiers. *Soil Sci.*, t. 83, 1957, s. 481.
- [8] Gopala Rao G.: Never aspects of nitrification. *Soil Sci.*, t. 38—2, 1934, s. 143.
- [9] Górski M.: O fizjologicznej reakcji soli. *Roczn. Nauk Roln. i Leśn.*, t. 22, 1929, s. 27.
- [10] Greaves J. E., Carter E. G.: Influence of moisture in the bacterial activities of the soil. *Soil Sci.*, t. 10, 1920, s. 361.
- [11] Grzymała J., Skolimowski L., Grzyb S.: Wartość nawozowa wianitu łąkowego. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 71-F-4, 1956, s. 943.
- [12] Kaila A.: Nitrification in decomposing organic matter. *Acta Agric. Scand.*, t. 4, 1954, s. 17.
- [13] Kaila A., Kogliarvi J., Kivinen E.: Influence of temperature upon the mobilisation of nitrogen in peat. *Maatalonsticteellinen Aikakauskirja*, t. 25—8, 1953, s. 37.
- [14] Kałaczikow A.: Wlijanije bora i manganca na dinawiku nitratow i wodnorastworimych form fosfornej kisloty w słabopodzolistoj poczwie. *Dokł. Wsies. Akad. Sielchoz. Nauk*, nr 2, 1949, s. 29.
- [15] Kiełpiński J.: Badania nad składem próchnicy i związków azotowych w glebach tatrzańskich z uwzględnieniem nawożenia oraz zespołów roślinnych. *Roczn. Nauk. Roln. i Leśn.*, t. 30—2, 1933, s. 284.
- [16] Kowalewska N. P.: Rol izwiestii w procesie rozłożenija organiczeskiego wieszczestwa poczwy. *Sb. Naucz. Trud. Akad. Nauk BSSR. Inst. Sielchoz.*, nr 2, 1953, s. 62.
- [17] Kuzniecowa A. W.: Soderżanije nitratow w poczwach Czelabińskiej obłasti w rozlicznye pieriody goda. *Agrobiologija*, nr 5, 1954, s. 108.
- [18] Liwski S.: Mikroelementy w glebach murszowo-torfowych. *Zeszyty Probl. Nauk Roln.*, nr 13, 1958, s. 211.
- [19] Liwski S.: Mikroelementy Mn, Fe, B, Cu, Co, Zn, Mo w roślinności łąkowej i bagiennej. *Roczn. Nauk. Roln.*, t. 75-F-1, 1961, s. 7.
- [20] Liwski S.: Rola miedzi w żywności gleb torfowych. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 87-A-3, 1963, s. 437.
- [21] Łazukowa T. N.: Dynamika podwiznych form azota w oroszajennych poczwach. *Trudy Inst. Less.*, t. 19, 1954, s. 108.
- [22] Maciak F.: Wpływ niektórych mikroelementów (Cu, B, Zn) na przebieg nityfikacji w torfach surowych i amoniakowanych. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 71-A-3, 1955, s. 443.
- [23] Maciak F.: Badania nad formami azotu w torfach. Cz. I. Bilans azotowy w roślinności torfotwórczej i torfach. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 87-A-4, 1963, s. 563.
- [24] Maksimow A.: Studia nad fizjologiczną reakcją soli amonowych i azotanów. *Roczn. Nauk Roln. i Leśn.*, t. 22, 1929, s. 33.
- [25] Maksimow A., Dłubakowski S.: Nityfikacja torfów amoniakowanych. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 66-A-1, 1952, s. 77.

- [26] Maksimow A., Pawlak T.: Sorpcja manganu w torfach. Roczn. Nauk Roln., t. 59, 1952, s. 163.
- [27] Marszewska-Ziemiecka J.: Zarys mikrobiologii gleby. PWRiL, Warszawa 1948.
- [28] Mazgajski J.: Torfowisko „Biel” jako obiekt łąkarski. Maszynopis SGGW, Warszawa 1955.
- [29] Michniewicz M.: Badania nad nityfikacją i denityfikacją w glebach Puszczy Białowieskiej. Annales Universitatis M. Curie-Skłodowskiej. Lublin, s. C, t. 6, z. 2, 1961, s. 19.
- [30] Moraczewski R.: Określanie potrzeb nawozowych gleb łąkowych w stosunku do fosforu i potasu ze składu chemicznego traw I pokosu. Roczn. Glebozn., t. 10, 1961, z. 1, s. 49.
- [31] Moraczewski R., Broniarek T.: Wpływ nawożenia łąki trwałej na przemiany związków azotowych w glebie torfowej. Roczn. Glebozn., t. 10, 1961, z. 3, s. 706 (komunikat).
- [32] Moraczewski R.: Wpływ nawożenia i użytkowania kośnego łąki na wykorzystanie azotu torfowiska i bilans składników pokarmowych. Roczn. Glebozn., t. 16, z. 1 w druku.
- [33] Musierowicz A.: Niektóre mikroelementy w glebach (Mo, Cu, Zn, B, Mn, Ti). Roczn. Glebozn., dodatek do t. IX, 1960, s. 1.
- [34] Musierowicz A., Nowotny F., Jaworski R.: Materiały do poznania dynamiki gleb polskich. Uprawy Roślin i Nawożenie, 7—2, 1935, s. 143.
- [35] Nömmik H.: Investigation on denitrification in soil. Acta Agriculturae Scandinavica, t. 6, 1956, s. 195.
- [36] Pietruszczyński Z.: Wpływ manganu na proces nityfikacji amoniaku. Roczn. Nauk Roln. i Leśn., t. 9, 1923, s. 235.
- [37] Reinche R.: Die Messung der Mineralisation des Humusstickstoffes in Niedermoorboden unter der Wiesenarbe. Zentralblatt. Bakt., Abt. II, t. 85, 1932, s. 348.
- [38] Rousset H.: Les engrais „Manganeses”. Ann. sc. agr., t. 3, ser. 4—2, 1909, s. 81.
- [39] Schillak R.: Oznaczanie azotu mineralnego w glebie. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 7, 1958, s. 185.
- [40] Schönborn A., Bertejls-Menschoj A.: Untersuchungen über die Dynamik der Nitrate und Phosphate im Boden und deren Verteilung in verschiedenen Schichten. Z. Pflanz. Düng. Bodenkunde, t. A-34, 1934, s. 181.
- [41] Sideri D.: Biologija rozłożenia organicznego wieszczenia w poczwie. Agrobiologija, t. 1, 1950, s. 78.
- [42] Simakin A. J.: Ob iscznowiennij nitratow pod rastienijami. Dokł. A. Sielchoz., Nauk, nr 4, 1959, s. 36.
- [43] Świętochowski B.: Tworzenie się azotanów na dzikim i zagospodarowanym torfowisku. Roczn. Nauk. Roln. i Leśn., t. 33, 1934, 34.
- [44] Świętochowski B.: Wpływ gospodarki polowej i łąkowej na niektóre fizyczne i biochemiczne własności torfu i jego żyzność. Rocznik Łąkowy i Torfowy, t. 1, 1935, s. 48.
- [45] Świętochowski B.: Nawożenie łąk na torfach niskich nawozami organicznymi w świetle doświadczeń. Przegląd Dośw. Roln., t. 1., 1938, s. 107.
- [46] Świętochowski B., Krygiel B.: Materiały do poznania dynamiki azotanów w glebach torfowych. Rocznik Łąkowy i Torfowy, t. 1, 1936, s. 3.
- [47] Taipsepp E. J.: Wlijanije iswistkowanije na fiziko-chimiczeskije i fizi-

- czeskiej swoistwa poczw juźnoy czasti Estońskoj SSR. Poczwowiedien., nr 3, 1958, s. 114.
- [48] Trelja W.: Iz opyta izuczenija fotonitrifikaczi. Izw. Tim. Sielchoz., Akad., nr 3, 1956, s. 233.
- [49] Tyler K. B., Broadbent F. E., Hill G. N.: Low temperature effects on nitrification in four California soils. Soil Sci., t. 87, 1959, s. 123.
- [50] Walczyna J.: Wpływ krótkotrwałych zalewów na dynamikę mikroflory glebowej. Roczn. Nauk Roln., t. 73-F-2, 1959, s. 289.
- [51] Wijler J., Delwiche C. C.: Investigation on the denitrifying process in soil. Plant and Soil, t. 5, 1954, s. 155.
- [52] Winogradzki S.: Mikrobiologia gleby. PWRiL, Warszawa 1953, s. 137.
- [53] Zawarzin G. A.: O wozbudittiele wtoroj fazy nitryfikaczi wlijanije tiazęlych miettałow na nitryfikaczu. Mikrobiologia, t. 27, 1958, s. 542.
- [54] Zimny H.: The influence of chemical fertilizers and manure upon the pre-sense of *Clostridium* and *Azotobacter* in the peat soil of meadows. Ekologia Polska, ser. A, t. 12 1964, nr 1.
- [55] Zimny H.: Wpływ nawożenia mineralnego i obornika na układ mikroflory w glebie torfowej pod łąką trwałą. Maszynopis, SGGW, 1964.
- [56] Żółciński J.: Światło słoneczne i nitryfikacja chemiczna. Roczn. Nauk Roln. i Leśn., t. 10, 1923, s. 311.

Р. МОРАЧЕВСКИ

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ НИТРАТОВ И АММИАКА В ТОРФЕ

Кафедра Луговедения и Пастбищ Варшавской Сельскохозяйственной Академии

Резюме

В течение 4-х вегетационных периодов проводили на низинном торфянике „Бель” в уезде Отвоцк исследования по влиянию удобрений и осушения на динамику нитратов и аммиака. Определяли их в свежих образцах. В годах 1960—1963 определили содержание нитратного и аммиачного азота в 2940 образцах.

В результате этих исследований установлено, что интенсивность нитрификационных процессов в первом году после осушения торфяника была выше, чем в следующих годах. Однако некоторое равновесие установившееся в динамике нитратов и аммиака снова было нарушено в четвертом году после осушения торфяника, преимущественно вследствие высокой температуры летнего периода и понижения уровня зеркала грунтовых вод до 80 см. Интенсивность нитрификационного процесса в значительной степени обнаруживала зависимость от температуры и осадков, непосредственно влияющих на влажность и содержание кислорода воздуха в торфе.

При избыточной влажности и высокой температуре среды нитрозный процесс превышал над нитратным процессом.

Относительно низкое содержание нитратов в торфе, по сравнению с содержанием аммиака, было результатом различий в интенсивности этих процессов, а также более активного усвоения нитратного азота корнями многолетних растений. Экологические условия торфяника способствовали процессам аммонификации и одновременно увеличивали усвоение нитратного азота растениями

Появление максимум и минимум в содержании нитратов и аммиака в исследованном торфянике обнаруживало большую зависимость от жизнеспособности растений, чем от инсоляции, температуры или влажности почвы. Интенсивность максимумов ранней весной проявляла исключительную зависимость от биологической активности растений, т.е. от срока их начальной вегетации. В тех-же календарных днях, но при различной степени развития луговых растений, содержание нитратов и аммиака была не одинакова: при опаздывании весны содержание нитратов и аммиака повышалось, при ранней весне — понижалось.

Величина убытка нитратов и аммиака из торфяника была равнодействующей осадков в вегетационном периоде и биологической активности растений. При высоком количестве осадков потери азота освобожденного из торфа могут достигать в течение одного месяца 8 кг с гектара.

Применение микроэлементов в 3 очередных годах на фоне фосфорно-калиевого удобрения на торфянике „Бель” не дало положительного результата. Повидимому нельзя предполагать, чтобы в исследуемых условиях микроэлементы могли составить активизирующее средство для микро- и макрофлоры и азота в осушенном торфянике.

R. MORACZEWSKI.

INFLUENCE OF FERTILIZERS AND ECOLOGIC CONDITIONS ON DYNAMICS OF NITRATES AND AMMONIA IN PEAT

Department of Meadow and Pasture Cultivation, Warsaw Agricultural University

S u m m a r y

Investigations on the effect of fertilization and drainage on dynamics of nitrates and ammonia were made on the lowmoor „Biel” (Otwock district) during four consecutive growing seasons. In the years 1960—1963 a total of 2940 fresh samples was analysed in respect to their contents of $N-NO_3$ and $N-NH_3$.

It was found that in the first years after drainage of the peatland the rate of the nitrification process is much higher than in the following years. After reaching a certain equilibrium, dynamics of the nitrates and ammonia were disturbed again in the fourth year after drainage, mainly in result of high summer temperatures and sinking of the water table to 80 cm. The intensity of the ammonification processes was largely governed by the march of temperatures and precipitations which exercised a direct influence on moisture and nitrogen content of soil air in the peat.

At excessive moisture and high temperatures of the environment the ammonification surpassed the nitrification process.

The relatively low nitrate content of the peat compared with its ammonia content was due to the differences in intensity of the respective processes and also to more active uptake of nitrate-N by the roots of perennial plants. The ecologic conditions on the peatland favoured the ammonification processes, accelerating concurrently the plant-uptake of N from the nitrates.

The occurrence of maxima and minima in nitrates and ammonia contents on the observed peatland was more closely related to biologic plant activity than to insolation, soil temperature and soil moisture. In early spring, maximum intensity depend uniquely on intensity of plant activity, i. e. on the date of sprouting. At

different stages of meadow development, the soil contents of ammonia and nitrates were not uniform at the same calendar dates: in late springs the soil contents of nitrates and ammonia increased, in early springs they decreased.

Magnitude of nitrate and ammonia losses from the peatland was the resultant of precipitation during the growth period and biologic activity of the plants. In the case of large precipitations the nitrogen losses can reach 8 kg/ha in one month.

Doses of microelements, added to the basic phosphate-potash dressings during 3 consecutive years, gave no positive effect on the peatland „Biel”. It does not appear likely that under the observed conditions microelements may be a means for activation of the micro- and macroflora or of the nitrogen on drained peatland.