

с. 700. 4062/6/2.

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

Vol. VI. 2.

SECTIO C

19.VIII.1951

Z Zakładu Fizjologii Roślin U. M. C. S.
Kierownik: prof. dr A. Paszewski

Marian MICHNIEWICZ

**Badania nad nityfikacją i denityfikacją w glebach Puszczy
Białowieskiej**

**Исследование нитрификации и денитрификации
в почвах Беловежской Пуши**

**Investigations on the processes of nitrification and
denitrification in the soils of Białowieża Wilds**

T R E Ś Ć

I. Wstęp	19
II. Przegląd piśmiennictwa	21
III. Cel i metody badań	27
IV. Tereu badania	30
V. Wyniki badań	34
1) Własności fizyczne i chemiczne gleb	34
2) Nityfikacja	39
3) Czynniki hamujące nityfikację w glebach leśnych	54
4) Denityfikacja	59
VI. Streszczenie wyników	64
VII. Piśmiennictwo	65
VIII. РЕЗЮМЕ	70
IX. Summary	73

I. Wstęp

Wielu autorów podkreślało doniosłe znaczenie procesów regulujących krążenie azotu w glebach leśnych. Müller i Weiss uważają obecność przyswajalnego azotu w glebach za jeden z najważniejszych czynników w ekologii lasu (8). Według Ramanna średnie roczne zapotrzebowanie azotu wynosi 40—50 kg na 1 ha lasu świerkowego i 34 kg na ha lasu sosnowego, natomiast zapotrzebowanie na inne pierwiastki jest mniejsze (72).

Vogel von Falkenstein stwierdza, że regulowanie krążenia azotu w warstwie próchnicznej lasów jest jednym z najpoważniejszych zadań hodowli lasu, a ilość azotanów może być miernikiem żyzności gleby (93). Hesselman (26, 27) oraz Gaarder i Hagem (8) też podkreślają znaczenie rozkładu związków azotowych w glebach leśnych jako bardzo ważnego czynnika ekologicznego. W późniejszej pracy Hesselman wykazuje zależność między występowaniem azotanów, a odnawianiem się lasu, co według niego możliwe jest jedynie na glebach zasobnych w azotany (29).

Prace Witticha (92) i Aaltonen (8) wskazują na związek pomiędzy bonitacją siedliska, a intensywnością i rodzajem rozkładu związków azotowych. Weis przypisuje nawet większe znaczenie ekologiczne występowaniu azotanów aniżeli reakcji gleby (8). Również Remezow podkreśla wielkie znaczenie ilości azotanów dla rozwoju lasu (72, 73).

Ważnym czynnikiem regulującym krążenie azotu w glebie są procesy nityfikacji i denityfikacji.

Przez dłuższy czas powątpiewano o istnieniu procesów nityfikacyjnych w glebach leśnych, np. Baumann, Déhérais (93). Ebermayer nie znajdował azotanów zupełnie, lub wykrywał je jedynie w nikłych, niewymiernych ilościach, a brak nityfikacji tłumaczył niską temperaturą gleb leśnych. Na podstawie tych badań autor ten doszedł do wniosku, jakoby rośliny leśne czerpią azot z połączeń amonowych i z amidów (88).

Wkrótce jednak prace innych badaczy doprowadziły do ujawnienia procesów nityfikacyjnych w glebach leśnych. Stwierdzono również gromadzenie się w tych glebach wymiernych ilości azotanów i tak np. Weis (w r. 1910) w 1 kg gleby lasów bukowych wykrywał do 8 mg azotu azotanowego (88). Nityfikację w glebach leśnych stwierdziło cały szereg badaczy: Vogel von Falckenstein — 1913 (93), Hesselman — 1917 (26, 27), Gaarder i Hagem — 1921 (8), Düggelli 1921 i 1923 (14, 15) Bockor — 1926 (2), Romell — 1927 (75), Mattern — 1928 (58), Fehér — 1929 (18), Chodzicki — 1933 (8). Remezow — 1938 (72), Szumakow — 1948 (81), i i. Należy jednak podkreślić, że prac nad nityfikacją w glebach leśnych jest stosunkowo mało.

Jeszcze uboższa jest literatura dotycząca zagadnienia denityfikacji w glebach leśnych. Procesy denityfikacji w tych glebach ujawnili: Bockor — 1926 (2), Mattern — 1928 (58), Fehér — 1929 (18), Remezow — 1938 (72), Maliszewska — 1950 (56) i i.

Szczególnie uboga jest polska literatura tycząca tych zagadnień. Wymienić tu można prace Chodzickiego z 1933 roku (8), przeprowadzoną na terenach lasów bukowych (buk w sośninach) wschodnich Niemiec, M a-

liszewskiej z roku 1950 (56) oraz nieopublikowane dotychczas prace K. Kuźniara i A. B. Hauke.

Doceniając ogromne znaczenie procesów nityfikacji i denityfikacji dla urodzajności gleb oraz uwzględniając małą ilość prac na ten temat dotyczących lasów Polski, zbadałem przebieg tych procesów w glebach Puszczy Białowieskiej.

Pobudki którymi kierowałem się obierając za teren badań Puszcę Białowieską, a właściwie Białowieski Park Narodowy są następujące: 1) Białowieski Park Narodowy jest lasem naturalnym, najbardziej zbliżonym do pierwotnego i mało zdeformowanym gospodarką człowieka. 2) Na stosunkowo niewielkim obszarze posiada bardzo różnorodne siedliska o różnych właściwościach fizyko-chemicznych gleb i o bardzo różnym składzie florystycznym. Poza tym, w związku z opracowywaniem ekologicznym Białowieskiego Parku Narodowego przez Filię Instytutu Badań Leśnictwa w Białowieży, istnieje możliwość korzystania z cennych materiałów posiadanych przez Instytut i z ułatwień, jakie ze strony tej placówki przewidziane są dla pracowników naukowych badających Puszcę.

W czasie wykonywania pracy w roku akad. 1948/49 korzystałem ze stypendium doktorskiego z Prezydium Rady Ministrów.

II. Przegląd piśmiennictwa

A. N i t r y f i k a c j a

Autotroficzne organizmy wywołujące proces nityfikacji zaliczamy do rodziny *Nitroacteriaceae*, obejmującej 7 rodzajów z 14-ma gatunkami. Cztery rodzaje utleniają amoniak: *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira* i *Nitrosocystis*, a trzy rodzaje: *Nitrosogloea*, *Nitrobacter* i *Nitrocystis* utleniają azotyny (3).

Poza wymienionymi właściwymi nityfikatorami autotroficznymi w procesie utleniania amoniaku i azotynów mogą brać udział mikroorganizmy metatroficzne, zarówno typowe bakterie jak i promieniowce. Organizmy takie wyizolowane były przez Miszustiną, Runowa i Nelsona (37). Zdolność utleniania amoniaku stwierdzono u *Mycobacterium* wyizolowanego przez Nieczajewą z gleb zasolonych (64) oraz u wielu innych gatunków heterotroficznych — Kalinienko (32).

Pomimo, że na ogół uważa się nityfikację za proces biologiczny, nie brak prac wykazujących istnienie w glebie nityfikacji chemicznej. Przede wszystkim należy tu wymienić pracę Żółcińskiego, w której autor wykazuje, że nityfikacja w glebie zachodzić może na drodze fotochemicznej

pod wpływem światła (100). Stanowisko to potwierdzają późniejsze prace Rao i Dhara (71) oraz Borescha i Rossi'ego (37).

Urodzajność. Intensywność procesu nityfikacji i ilość nityfikatorów w glebie zależy od wielu czynników i jak stwierdził to w XIX w. Boussingault łączy się ściśle z urodzajnością gleby (98). Zależność tę potwierdza wielu autorów (Lipman, Brown, Burgess, Waksman). Na ogół uważa się nityfikację za wskaźnik biologicznej aktywności gleby (Conner, Neller, Waksman, Ziemięcka (96) oraz Vogel von Falckenstein (93).

Wilgotność. Duży wpływ na przebieg procesu nityfikacji ma stopień nawilgocenia gleby. Traaen stwierdził najlepsze warunki dla nityfikacji przy średniej wilgotności gleby i hamowanie nityfikacji w glebach suchych lub nadmiernie wilgotnych (84). Na ogół przyjmuje się za wilgotność optymalną dla przebiegu nityfikacji 60% nasycenia całkowitej pojemności wodnej gleby (70, 98). Nadmiar powoduje wzmożenie zakwaszenia i wytwarza warunki beztlenowe (80).

Tlen. Dla rozwoju nityfikatorów potrzebny jest tlen, to też proces nityfikacji ustaje, o ile dostęp powietrza jest zahamowany np. w zalanych wodą terenach bez przepływu (Gaarder i Hagem (20). Dodatni wpływ zruszania gleby obserwowala Ziemięcka na poletkach stacji doświadczalnej w Rothamsted (98).

Temperatura. Na rozwój nityfikatorów i na przebieg nityfikacji ma wpływ temperatura. Według Ziemięckiej nityfikacja odbywa się w glebie w temperaturze od 10 do 30°C. Schlösing i Müntz znajdowali granicę procesu nityfikacji przy 5°C, a Warrington obserwował ten proces nawet przy 3°C. (29).

Odczyn. Przebieg nityfikacji zależy od odczynu środowiska. Procesowi temu sprzyja wyraźnie odczyn alkaniczny lub obojętny i wapnowanie gleby wzmaga go wyraźnie (Chardon (7), Murphy (62), Ziemięcka (96), Naftel (63) i i.). Trudno postawić graniczną wartość pH, przy której nityfikacja już nie przebiega. Waksman uważa jako wartość graniczną $\text{pH}=4$ (86), jednakże Voss i Ziegenspeck ujawnili nityfikację przy $\text{pH}=3,4$ (94), a Harder obserwował ją jeszcze przy $\text{pH}=3,0$ (25).

Gaarder i Hagem stwierdzili, że optimum pH dla I-szej fazy nityfikacji wykazuje wyższe wartości ($\text{pH}=7,7-7,9$) aniżeli optimum dla II-giej fazy ($\text{pH}=6,8-7,3$).

Dodać należy, że nityfikatory bardziej wytrzymałe są na niski odczyn w środowisku naturalnym aniżeli w pożywkach sztucznych (20).

Związki organiczne. Cały szereg badaczy wskazuje, że obecność rozpuszczalnych związków organicznych wpływa ujemnie na proces nityfikacji (Winogradsky (17), Muider, Warrington, Heraeus, Hueppe, Franklands (29)), przy czym *Nitrobacter* znosi lepiej obecność tych związków aniżeli *Nitrosomonas* (98). Löhnis uważa, że wpływ związków organicznych na nityfikację jest inny w glebach niż w hodowlach na pożywkach sztucznych i w kulturach czystych. Pogląd ten uzasadniają prace innych badaczy (Wimmer, Coleman, Bazarewski, Müntz i Lainé, Stevens i Withers (67)). Karpiński i Niklewski widzą wyraźnie dodatni wpływ humusowych wyciągów gleby na nityfikację gleby (34), co potwierdzają inni autorzy (Gutzeit, Buhlerl, i Fickendey, Müntz i Laine (67)).

Występowanie. Organizmy nityfikujące są szeroko rozprzestrzenione. Müntz spotkał je w zmarzlinach, Thomson w jeziorach, Olsen w kurzu (29). Lundegardh w wodach kloaki (21), a B. Niklewski w oborniku (66, 67). Cały szereg radzieckich badaczy znajdowało nityfikatory w ile jeziornym np. Rubenczyk i Gojcherman (76). Ljubimow wyodrębnił je z ilów jeziornych nawet w głębokości 30-tu metrów (54). W solniskach organizmy te spotykali Daninin i Kosmortow (13) oraz Butylin (5), a w błotach leczniczych Tutajewa i Manosowa (85).

Nityfikacja w glebach leśnych. Już w 1862 roku Boussingault zwrócił uwagę na niską zdolność nityfikacyjną gleb leśnych w porównaniu do gleb uprawnych (81). Stanowisko to potwierdzają dotychczasowe, nieliczne zresztą badania nad nityfikacją gleb leśnych.

O niskiej sile nityfikacyjnej gleb leśnych świadczy fakt małej zawartości w nich azotanów. Ilość tych związków obliczona dla Niemiec, wynosi około 40 razy mniej w porównaniu do gleb uprawnych (według danych Weisa i Ramanna (100)). Niską zdolność nityfikacyjną gleb leśnych stwierdzają Weis i Bondorf (89). Düggelli w leśnych glebach Szwajcarii albo nie znajdował nityfikatorów wcale, albo znajdował je w małych ilościach od 2 do 100 na 1 g gleby, a tylko w dwóch wypadkach ilość ich sięgała 10.000 (14, 15). Bockor w kilkunastu próbkach gleb węgierskich znalazł od 1 do 10.000 nityfikatorów na 1 g, a w jednej próbce nie wykrył ich zupełnie (2). Fehér w lesie sosnowym Węgier nie stwierdził obecności nityfikatorów, w lesie bukowym i olchowym znajdował 10 komórek na gram gleby (18). Chodzicki oblicza ilość nityfikatorów w badanych przez niego lasach bukowych wschodnich Niemiec na 1000 komórek w jednym gramie gleby (8). Suszkiną nie znajduje w sosnowym

lesie nityfikacji zupełnie (13), zarówno jak K á s, który badał kwaśne gleby z okolic Pragi (36). Również badania M a l i s z e w s k i e j gleb lasu „Ruda“ koło Puław, nie stwierdziły w nich obecności nityfikatorów (56).

Ze znanych mi badań nad ilością nityfikatorów w glebach leśnych tylko R o m e l l znalazł w niektórych próbkach gleb leśnych Szwecji więcej komórek *Nitrosomonas* anizeli w glebach uprawnych (75).

Zdania autorów co do zasięgu pionowego nityfikatorów są podzielone. M i g u l a nie znajduje zupełnie nityfikatorów w warstwie powierzchniowej gleby leśnej (61). Według tego autora nityfikacja przebiega w warstwie leżącej na głębokości 10–20 cm. M a l c z e w s k a j a znajduje warstwę nityfikacyjną w lesie sosnowym dopiero na głębokości 45–55 cm. Brak nityfikatorów w powierzchniowych warstwach gleby leśnej stwierdza również R e m e z o w (72). M a t t e r n zaobserwowała, że nityfikacja w warstwach powierzchniowych jest słabsza niż w głębszych (58).

Cały szereg badaczy uzyskuje jednak inne wyniki. Tworzenie się azotanów w ściółce leśnej stwierdza V o g e l v o n F a l c k e n s t e i n (93), N e m e c i K w a p i l, S z u m a k o w (81), a W i t t i c h (92). B o c k o r (2), K á s (36) i W e r n a n d e r (91) wykazują zmniejszenie się nityfikatorów wraz z głębokością. C h o d z i c k i znajduje również większe ilości nityfikatorów w warstwie powierzchniowej gleby leśnej, za wyjątkiem gleb porośniętych trawami (8). Zaznaczyć tu należy, że autorzy ci badali gleby pochodzące zarówno z lasów szpilkowych jak i liściastych.

B o c k o r i F e h é r zwracają uwagę, że intensywność procesów bakteryjnych w glebach uzależniona jest od ilości światła przechodzącego przez korony drzew (2, 18). Według tych autorów lasy o niewielkim zwarcie koron przepuszczają dużo promieni ultrafioletowych hamujących rozwój mikroorganizmów. Badania S c h e i t z a wykazały, że wzmożenie naświetlania powoduje ubytek bakterii tylko na samej powierzchni gleby. Promienie ultrafioletowe docierają tylko na głębokość kilku centymetrów (80).

Badania nad nityfikacją gleb leśnych wskazują na jeszcze inne czynniki hamujące nityfikację, zwłaszcza w lasach szpilkowych. Mianowicie według M i g u l i czynnikiem tym są toksyczne substancje tworzące się przy rozkładzie ściółki (61). K o c h sądzi, że olejki eteryczne znajdujące się w ściółce drzew szpilkowych mogą działać toksycznie na bakterie glebowe (38), a w dalszej swej pracy wskazuje na hamujące nityfikację działania smoły świerkowej (39). K r ü d e n e r doszukuje się przyczyn braku nityfikacji w antybiotycznych własnościach drzew szpilkowych (48). T o k i n jego szkoła stwierdza antybiotyczne działanie fitoncydów wydzielanych przez rośliny (83).

Pracownicy Instytutu Botanicznego w Królewcu – Voss, Ziegenspeck i Mattern tłumaczą zjawisko hamowania nityfikacji działalnością innych mikroorganizmów produkujących substancje toksyczne. Mattern wskazuje, że działanie tych substancji, wyodrębnionych z ekstraktu eterowego gleby leśnej, zbliżone jest do działania kwasu dwuhydrostearynowego. Kwas ten wyodrębniony z gleby np. przez Waksmana działał trująco na rośliny (87). Według badań Mattern, Vossa i Ziegenspecka, powstawaniu tych substancji w glebie sprzyja niski odczyn, brak wapnia oraz złe przewietrzenie. Mattern uważa, że substancje hamujące rozwój jednych mikroorganizmów mogą działać dodatnio na rozwój innych. Np. substancje hamujące rozwój azotobaktera stymulują według tej autorki rozwój nityfikatorów, gdy inne substancje działają odwrotnie.

Nemec (65), Remezow (72) i Szumakow (81) przypisują hamowanie nityfikacji w glebach leśnych działaniu bituminów. Ostałni z autorów stwierdza hamujący wpływ wyciągu wodnego ściółki lasów szpilkowych. Szereg autorów jak Rybalkina (78), Melin (51), Imshenieckij (30, 31), Czastuchin (11), Ziemięcka (99) zwracają uwagę na powstawanie w glebie toksycznych substancji wpływających na mikroflorę. Nowogrudski uważa, że na rozwój mikroorganizmów może wpłynąć ujemnie zbyt wielkie rozpylenie cząsteczek gleby i związane z tym uwalnianie się z agregatów pewnych substancji (68).

Na ogół przyjmuje się, że w klimacie umiarkowanym największe nasilenie nityfikacji przypada w miesiącach wiosennych i jesiennych, najmniejsze zaś w miesiącach letnich i zwłaszcza zimowych – Limbach (53). Gauer i Ziegenspeck (21), Fehér (19), Ziemięcka (98).

Nie brak jednak autorów stojących na innym stanowisku. Weis uważa, że maksimum nasilenia nityfikacji w glebach leśnych przypada w jesieni, a w glebach uprawnych wiosną, przy czym czynniki klimatyczne nie grają tu roli (88). Harder sądzi, że okresy intensywnej nityfikacji można obserwować w każdej porze roku (25), a Schönbrun uzależnia nasilenie tego procesu wyłącznie od warunków klimatycznych (79). Również Clarke uważa, że obecność azotanów w glebie nie zależy od pory roku (9), a z badań Fehéra widać, że intensywność nityfikacji w zależności od pory roku jest różna w różnych typach lasu. Wyniki przedstawione w pracy Fehéra wskazują dalej, że natężenie nityfikacji nie idzie w parze z ilością nityfikatorów. W tych samych próbkach pobranych zimą stwierdza on największe ilości komórek nityfikacyjnych, zarazem najmniejszą ilość produktów ich działalności tj. azotanów. Wiosną i jesienią, pomimo najmniejszej ilości nityfikatorów, tworzenie się azotanów było intensywniejsze (18).

D. Denitryfikacja

Zdolność redukcji azotanów posiada wiele mikroorganizmów zarówno bakterii, jak promieniowców i grzybów. Madhok i Uddin wykazali, że przy pH powyżej 7 proces denitryfikacji zachodzić może na drodze czysto chemicznej (55). Kalinienko stoi nawet na stanowisku, że podział na amonifikatory, nityfikatory i denitryfikatory jest sztuczny i nie wpływa z ich działalności fizjologicznej, gdyż te same organizmy mogą wywoływać różne procesy (32).

Tlen. Poglądy autorów, co do wpływu wolnego tlenu na przebieg procesu denitryfikacji, są podzielone. Według jednych badaczy wpływ ten jest ujemny (Gayon i Dupetit, Ehrenberg, Burris i Stutzer Jensen, Weissenberg (90), Höflich, Iterson, Ritter (77), inni ujemnego wpływu nie stwierdzają (Barthel, Isaczenko (77), a niektórzy nawet (Pfeiffer i Lemmerman (77) znaleźli dodatni wpływ aeracji na przebieg procesu denitryfikacji.

Procesy denitryfikacyjne przy dobrej aeracji środowiska obserwuje Butkiewicz (4), Koroczka (41), i Korsakowa (43, 45). Corbet i Wooldridge stwierdzają straty azotu w glebach Anglii wywołane procesami biologicznymi zachodzącymi w warunkach tlenowych (45). Według Rusakowej i Butkiewicza tlen działa szkodliwie tylko na niektóre gatunki denitryfikatorów (77).

Temperatura. Intensywność procesu denitryfikacji zależna jest od temperatury. Na ogół przyjmuje się, że w niskich temperaturach proces ten przebiega wolniej, chociaż występuje nawet przy 0°C. Temperatura 40°C wpływa na denitryfikację ujemnie, a przy 50°C obserwujemy gwałtowne jej hamowanie. Optymalna temperatura wynosi około 30°C (74).

Odczyn. Bakterie denitryfikacyjne rozwijają się najlepiej w środowisku alkalicznym i są ogromnie czule na niski odczyn. Według Karlsona redukcja azotanów do azotynów zachodzić może w bardziej kwaśnym środowisku aniżeli II-ga faza denitryfikacji (33). Redukcja azotanów wywołwana przez grzyby, może zachodzić w glebach o niższym odczynie.

Związki organiczne. Procesy denitryfikacyjne zachodzą w obecności przyswajalnych związków organicznych (Weissenberg (90), Korsakowa (44).

Występowanie. Organizmy denitryfikujące są bardzo pospolite w przyrodzie. Znajdowano je nawet w glebach polarno-pustynnych i w tundrach — Isaczenko i Simakowa, Kriss (47).

Stwierdzono ich obecność w ilach osadowych — Szturm i Kanunnikowa (82), Messiniewa (59), w jeziorach — Kopp i Lim-

berg (40), w błotach leczniczych — Tutajewa i Manosowa (85), w morzach i oceanach — Kriss (46) i Gurfein (24).

Denityfikacja w glebach leśnych. Mało jest prac poświęconych denityfikacji gleb leśnych. Mattern, która pod terminem denityfikacji rozumie proces rozkładu azotanów pod wpływem jedynie bakterii, znajduje w glebach lasów bukowych Prus Wschodnich nikłą denityfikację i małe ilości denityfikatorów (58). Bockor w glebach lasów węgierskich znajdował większe ilości bakterii denityfikacyjnych aniżeli nityfikatorów. W próbkach z czystych lasów szpilkowych nie spotykał ich wcale. Autor ten stwierdził również zmniejszenie się ilości tych organizmów z głębokością (2). Podobne rezultaty uzyskał Fehér (18). Słabą denityfikację w glebie leśnej stwierdziła Maliszewska (56).

Fehér wskazał na zależność przebiegu procesu denityfikacji od pory roku. Największe nasilenie denityfikacji w glebach leśnych znajdował wiosną oraz późną jesienią (18, 19).

III. Cel i metody badań

W ogólnych zarysach cel pracy niniejszej sprowadza'by się do zbadania zdolności nityfikacyjnej i denityfikacyjnej gleb Puszczy Białowieskiej oraz do znalezienia przyczyn decydujących o energii tych procesów w glebach leśnych.

Aby te zamierzenia zrealizować, starałem się:

- 1) określić ilość występujących w glebach nityfikatorów i organizmów denityfikujących,
- 2) oznaczyć siłę nityfikacji i denityfikacji,
- 3) skorelować intensywność obu procesów: a) z własnościami fizykochemicznymi gleby, b) z ogólną urodzajnością, c) z występowaniem azotobaktera, d) ze składem florystycznym badanego biotopu i
- 4) zbadać zależność tych procesów od pory roku.

Nityfikatorów ani organizmów denityfikujących nie oznaczałem.

Badania nad własnościami fizykochemicznymi gleby ograniczyłem do określenia 1) wilgotności, 2) temperatury, 3) kwasowości czynnej, 4) ilości zasad wymiennych kompleksu sorbcyjnego, 5) nasycenia zasadami wymiennymi, 6) zawartości związków organicznych, 7) azotu ogólnego, 8) amoniaku, 9) azotanów i 10) fosforu przyswajalnego

Materiał zebrałem latem (13.VII.—1.VIII) i jesienią (31.X—3.XI) 1949 r. oraz na wiosnę (24.—26.IV) 1950 r., w łącznej ilości 236 próbek. W każdym biotopie pobierałem próbki z 5-ciu odkrywek oddalonych od siebie o 50 m. Miejsca odkrywek oznaczone są na mapie I. Z każdej odkrywki bra-

lem po dwie próbki: „a” -- z warstwy powierzchniowej, próchnicznej, z głębokości 5—10 cm i „b” z warstwy mineralnej, leżącej około 40 cm głębokości. Glebę pobierałem łyżką aluminiową dezynfekowaną w spirytusie. Próbki przechowywałem w słojach ze szkła oranżowego ze szlifem. Do badań chemicznych przesuszałem część próbek na powietrzu.

Metody badań własności fizycznych gleby. Nasylenie próbek wodą oznaczałem metodą podaną przez Peterburzkiego (70, str. 112). Dane o temperaturze gleby i o poziomie wód gruntowych badanych terenów otrzymałem z Filii Instytutu Badań Leśnictwa w Białowieży.

Metody badań własności chemicznych gleby. Stężenie czynnych jonów wodorowych oznaczałem potencjometrycznie przy użyciu elektrody chinhydronowej, a przy badaniu próbek torfowych-szklanej. Stosunek gleby do wody destylowanej wynosił 1 : 2,5.

Ilość zasad wymiennych kompleksu sorbcyjnego obliczałem metodą Kappena, a stopień nasycenia zasadami z wzoru $V\% = 100 \frac{S}{S+H}$ gdzie S — ilość zasad wymienionych kompleksu sorbcyjnego, H — kwasowość hydrolytyczna obliczona metodą Kappena (12, str. 696--699).

Substancję organiczną w glebie spalałem w elektrycznym piecu muflowym z termioregulacją.

Ilość ogólnego azotu i amoniaku oznaczałem metodą Kjeldahla, a azotany metodą kolorymetryczną Langego (50, str. 254).

Fosfor w postaci przyswajalnego P_2O_5 określałem kolorymetrycznie prostą metodą Kirsanowa stosowaną szeroko w Związku Radzieckim (12, str. 690).

Badania mikrobiologiczne. Badania mikrobiologiczne starałem się rozpoczynać jak najwcześniej po przywiezieniu próbek do laboratorium. Najpierw stwierdziłem, czy nitryfikatory są w glebie obecne. W tym celu szczepiłem w słoikach 100 ml, 20 ml płynnej sterylnej pożywki Winogradskiego dla nitryfikatorów¹⁾ kilkoma gramami świeżej gleby. Słoiki zawiązywałem ligniną i trzymałem w termostacie w temperaturze 28°C w przeciągu 15-tu dni. Po tym terminie badałem w nich obecność azotynów i azotanów przy pomocy dwufenyloaminy. Próbki gleb, które w hodowli wstępnej wykazały obecność nitryfikatorów, poddawałem badaniom na ilość nitryfikatorów.

Przybliżoną ilość bakterii nitryfikacyjnych oznaczałem metodą rozcieńczeń w modyfikacji Tutajewoj i Manosowoj (85), osobno dla

¹⁾ Skład pożywki dla nitrozobakterii: $(NH_4)_2SO_4$ — 0,2%, NaCl — 0,2%, K_2HPO_4 — 0,1%, $MgSO_4$ — 0,05%, $FeSO_4$ — 0,04%, $MnSO_4$ — ślady. Do każdego słoika dodaje się po 0,2 g sterylonego $CaCO_3$.

każdej fazy nityfikacji²⁾. Sterylne pożywki szczepilem następującymi rozcieńczeniami gleby 1 : 1, 1 : 5, 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000, 1 : 10.000, 1 : 100.000. Doświadczenia przeprowadzałem w warunkach wyżej opisanych, po czym badałem produkty nityfikacji — azotyny (I faza) metodą *Griessa* i azotany (II faza) brucyną³⁾. Do szczepienia używałem gleby o naturalnej wilgotności. Hodowlę przeprowadzałem przez 15 dni w temp. 28°C.

Silę nityfikacji badanych gleb oznaczałem metodą *Waksmana* (74) i porównywałem z silą nityfikacji urodzajnej gleby uprawnej⁴⁾. Doświadczenia wykonywałem w dwóch powtórzeniach. Do świeżej gleby w ilości 100 g w przeliczeniu na suchą masę, przesianej przez 1 mm sito wprowadzałem 30 mg azotu w postaci 141,4 mg $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; drugą tak samo przygotowaną porcję zadawałem dodatkowo dwoma gramami CaCO_3 . Gleby, doprowadzone do wilgotności odpowiadającej 60% pełnego nasycenia jej wodą, według sposobu podanego przez *Peterburskiego* (70, str. 163), umieszczałem w słojach 500 cm. zatykałem watą, ważyłem i trzymałem w termostacie o temp. 28°C w przeciągu dwóch miesięcy⁵⁾. W odstępach 3-dniowych pobierałem drobne ilości gleby dla jakościowego oznaczania amoniaku odczynnikami *Nesslera*, azotynów odczynnikami *Griessa* i azotanów brucyną (azotany usuwano sposobem opisanym niżej). Notowałem ilość dni, po których pojawiały się azotany, oraz niknęły amoniak i azotyny. Wilgotność gleby utrzymywałem na stałym poziomie.

Likwidując hodowlę oznaczałem ilościowo azotany i obliczałem procent znityfikowanego azotu soli amonowej (uwzględniając przy tym pierwotną ilość N/NO_3 w samej glebie). W przypadkach całkowitego zużycia soli amonowej tj. wówczas, gdy nie stwierdziłem obecności amoniaku, przyjmowałem procent znityfikowanego azotu za = 100.

Przybliżoną ilość denityfikatorów oznaczałem metodą rozcieńczeń, używając pożywki o składzie: sacharoza — 1%, KNO_3 — 0,1%, K_2HPO_4 — 0,1%, MgSO_4 — 0,03%, CaCl_2 — 0,01%, NaCl — 0,01%, FeSO_4 — 0,001% rozlanej w probówce.

Silę denityfikacji określałem metodą *Waksmana* (74). Do 100 g świeżej gleby (w przeliczeniu na suchą masę) przesianej przez sito 1 mm wprowadzałem 60 mg azotu jako 433 mg KNO_3 . Glebę rozdzielałem na 4 części:

²⁾ Pożywka dla nitrobakterii: NaNO_2 — 0,2%, Na_2CO_3 — 0,1%, NaCl — 0,05%, K_2HPO_4 — 0,05%, MgSO_4 — 0,03%, FeSO_4 i MnSO_4 — ślady.

³⁾ Azotyny usuwano mocznikiem + stężony kwas siarkowy (10 ml pożywki + 20 mg mocznika + 1 krop. stęż. H_2SO_4 pozostawiano na 10–15 godz.).

⁴⁾ Ze względu na wielką ilość badanych jednorazowo próbek (47) powtórzeń bez dodatku soli amonowej nie przeprowadzano.

⁵⁾ Czas doświadczenia przedłużono do dwóch miesięcy, ponieważ po pierwszych tygodniach inkubacji nie wykrywano w wielu próbkach wymiernych ilości azotanów.

- 1) gleba o naturalnej wilgotności,
- 2) gleba o pełnym nasyceniu wodą,
- 3) gleba o naturalnej wilgotności z dodatkiem 0,5% mannitu,
- 4) gleba nasycona wodą z dodatkiem 0,5% mannitu. Tak przygotowaną glebę umieszczałem w słojach 500 ccm, zatykałem watą i wstawiałem do termostatu o temp. 28°C na przeciąg dwóch tygodni. Co 3-cią dzień pobierałem próbkę do oznaczania jakościowego amoniaku azotynów i azotanów. Utrzymywałem stałą wilgotność gleby. Notowałem czas, po którym niknęły azotany, azotyny i amoniak. Po dwóch tygodniach oznaczałem ilościowo azotany i obliczałem procent zdenitryfikowanego azotu. Kontrolną była próbka urodzajnej gleby uprawnej.

Obecność azotobaktera wykrywałem metodą „kultur spontanicznych“ W i n o g r a d s k i e g o — Z i e m i ę c k i e j (60, 95), dodając do gleby P_2O_5 i $CaCO_3$.

IV. Teren badań

Białowieski Park Narodowy leży w widłach rzek Hwoźnej i Narewki, zajmując przestrzeń 4.666 ha. Pod względem florystycznym, glebowym i stosunków wodnych jest bardzo różnorodny.

J. Karpiński wyróżnia w nim następujące biotopy:

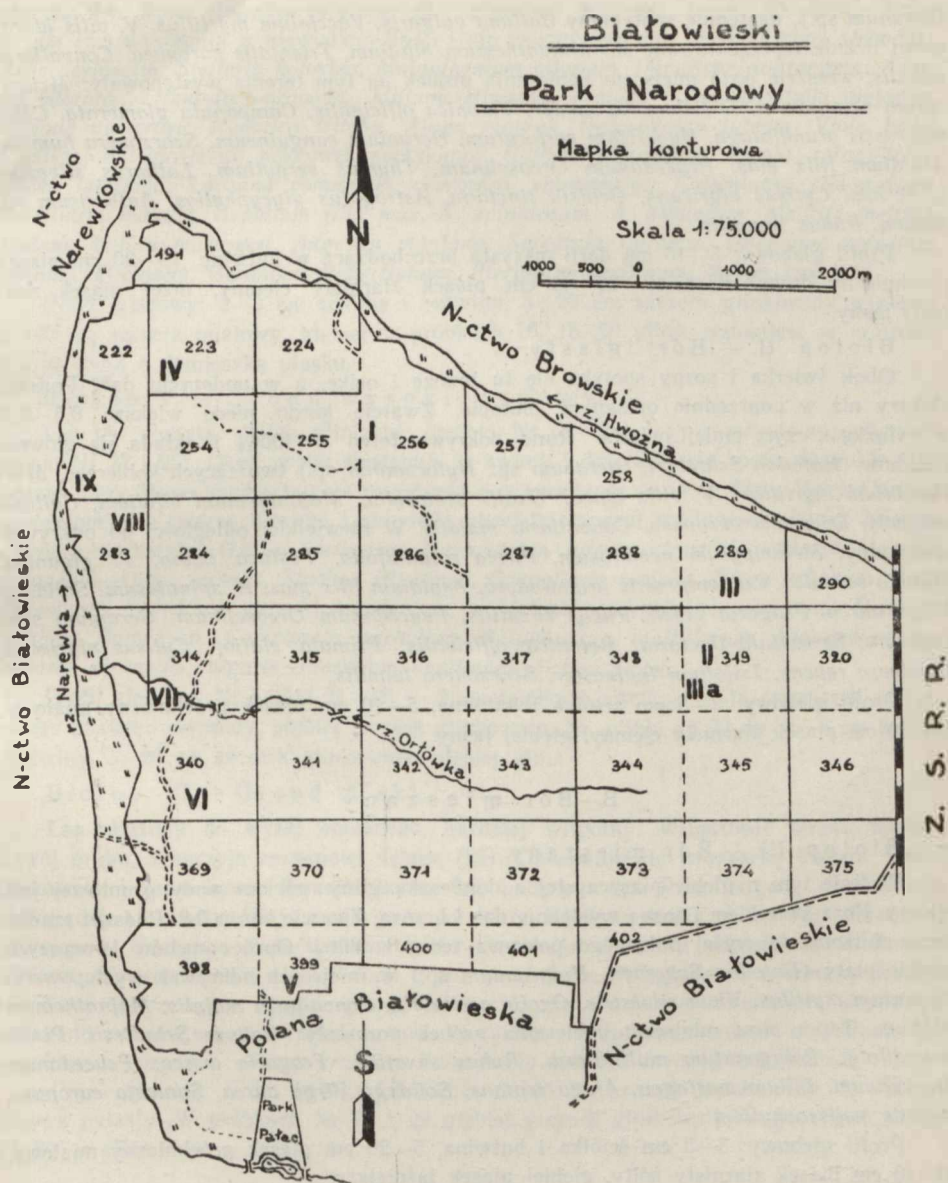
- I. Bór sosnowy (*Pinetum typicum*),
- II. Bór iglasty (*Piceeto—Pinetum*),
- III. Bór mieszany (*Querceto—Piceeto—Pinetum*),
- IVa. Pseudodąbrowa (*Pseudo—Quercetum*),
- IV. Bór bagienny (*Pinetum turfosum*),
- V. Grond wysoki (*Carpinetum typicum*),
- VI. Grond niski (*Querceto—Carpinetum*),
- VII. Ols (*Fraxineto—Piceeto—Alnetum*),
- VIII. *Caricetum*,
- IX. *Hylognarium* (powierzchnia wodna). Mapa I.

Na podstawie badań ekologicznych tych terenów proponuje W. Matuzkiewicz⁶⁾ pierwsze dwa biotopy bardzo do siebie zbliżone sprowadzić do „boru“, a V i VI do „grondu“, natomiast biotop IV rozdzielić na torfowisko wysokie i torfowisko olchowo-łozowe. W tym ujęciu zdecydowaną przewagę w Białowieskim Parku Narodowym mają lasy liściaste typu grondu, pokrywające teren w 45%, następnie wodogruntowe olsy zajmujące 25%, bory o 20% pokrycia i bory mieszane stanowiące 6% i torfowiska 4% pokrycia terenu⁷⁾.

Krótką charakterystykę poszczególnych biotopów, skład florystyczny, oraz profil glebowy w miejscu pobierania próbek przedstawia się następująco:

⁶⁾ Na podstawie referatu na zebraniu Lub. Oddz. Pol. Tow. Bot. w dniu 21.VI.1950 r.

⁷⁾ Liczby przybliżone na podstawie danych Karpińskiego (35).



A. B ó r

Porasta on tereny piaszczyste, ubogie o głębokim poziomie wód gruntowych.
Biotop I. — Bór sosnowy.

Poza sosną, spotykamy tu niewielką domieszkę brzozy i osiki, a w podsyciu świerk. Jest to las jasny o zwarciu koron 0,4–0,5. Zwarcie podsyciu wynosi 0,6–0,7. W runie ubogim w gatunki pokrywającym teren w 100% dominują mchy (*Entodon Schreberi*,

Dicranum sp.), następnie spotykamy *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis idaea*; mniej licznie reprezentowane są: *Majanthemum bifolium*, *Trientalis europaea*, *Convallaria majalis*, wreszcie poza miejscem pobierania próbek na tym terenie występowały: *Melampyrum nemorosum*, *Trifolium lupinaster*, *Veronica officinalis*, *Campanula glomerata*, *Calamagrostis arundinacea*, *Hypericum perforatum*, *Geranium sanguineum*, *Scorzonera humilis*, *Aspidium filix mas*, *Peucedanum Oreoselinum*, *Thymus serpyllum*, *Lathyrus silvester*, *L. vernus*, *Cytisus nigricans*, *Genista tinctoria*, *Astragalus glycyphyllos*, *Anthericum ramosum*, *Rubus saxatilis*.

Profil glebowy: 5–10 cm darni mszysta przechodząca w butwinę, 10–20 cm piasek próchniczny drobno-ziarnisty, 20–40 cm piasek ziarnisty ciemny, niżej piasek ziarnisty jasny.

Biotop II. — Bór iglasty.

Obok świerka i sosny spotyka się tu brzozę i osikę, a w podszyciu dąb. Podszyt słabszy niż w poprzednio opisanym biotopie. Zwarcie koron nieco większe 0,6–0,7, w związku z czym mniej światła. Runo pokrywa teren w 100% i składa się głównie z mchów (*Entodon Schreberi*, *Dicranum* sp., *Hylocomium* sp.) tworzących kobierzec, dalej *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis idaea*, *Oxalis acetosella*, *Majanthemum bifolium*, *Calluna vulgaris*, *Trientalis europaea*, *Convallaria majalis*. W niewielkiej odległości od odkrywek spotykamy: *Melampyrum nemorosum*, *Pirola rotundifolia*, *Festuca ovina*, *F. gigantea*, *Molinia coerulea*, *Calamagrostis arundinacea*, *Aspidium filix mas*, *A. spinulosum*, *Solidago Virga aurea*, *Fragaria vesca*, *Rubus saxatilis*, *Peucedanum Oreoselinum*, *Geranium sanguineum*, *Serratula tinctoria*, *Betonica officinalis*, *Primula elatior*, *Cytisus nigricans*, *Goodyera repens*, *Trifolium lupinaster*, *Scorzonera humilis*.

Profil glebowy: 2–5 cm ściółka i butwina, 5–10 cm piasek próchniczny miałowy, 10–30 cm piasek ziarnisty ciemny, głębiej jasny.

B. Bór mieszany

Biotop III — Bór mieszany.

W lesie tym o glebie piaszczystej z domieszką gliny poziom wody gruntowej jest płytszy. Poza świerkiem i sosną występuje dąb i brzoza. Zwarcie koron 0,8. Podszyt rzadki. Runo zbliżone do wyżej opisanego pokrywa teren w 80%. Oprócz mchów tworzących wielkie płyty (*Entodon Schreberi*, *Hylocomium* sp.) w miejscach odkrywek występowały: *Vaccinium myrtillus*, *Viola silvestris*, *Oxalis acetosella*, *Convallaria majalis*, *Majanthemum bifolium*. Teren poza miejscem pobierania próbek porastały: *Galium Schultesii*, *Pirola rotundifolia*, *Polygonatum multiflorum*, *Rubus saxatilis*, *Fragaria vesca*, *Peucedanum Oreoselinum*, *Lilium martagon*, *Ajuga reptans*, *Solidago Virga aurea*, *Sanicula europaea*, *Melittis melissophyllum*.

Profil glebowy: 3–5 cm ściółka i butwina, 5–20 cm piasek próchniczny miałowy, 20–40 cm piasek ziarnisty żółty, głębiej piasek jaśniejszy.

C. Grond

Należą tu lasy eutroficzne, pokrywające gleby gliniaste i szczerkowe, dostatecznie wilgotne.

III-a. Pseudodąbrowa

Las ten nie jest typowym grondem, powstał bowiem z boru mieszanego przez sztuczne usunięcie drzew szpilkowych. Porasta on gliniaste szczerki przejściowe o głębokim poziomie wód gruntowych. Zwarcie koron w miejscach pobierania próbek przeciętnie 0,4–0,5,

podszytu 0,4. Runo charakterystyczne dla grondów pokrywa teren 50–60%. Mchy (*Mnium* sp.) występują w niewielkiej ilości i nie tworzą dywanu. W skład runa wchodzi: *Oxalis acetosella*, *Stellaria holostea*, *Majanthemum bifolium*, *Impatiens nolitangere*, *Asperula odorata*, *Trientalis europaea*, *Milium effusum*, *Festuca ovina*, *Digitalis ambigua*, *Anemone nemorosa*, *Hepatica triloba*, *Ajuga reptans*, *Galeobdolon luteum*, *Viola hirta*. W dalszej odległości od odkrywek spotykano: *Galium Schultessi*, *Pirola rotundifolia*, *Circaea lutetiana*, *Lapsana communis*, *Veronica chamaedrys*, *Calamintha clinopodium*, *Convallaria majalis*, *Aspidium filix mas*, *A. spinulosum*, *A. dilatatum*, *Melittis melisophyllum*, *Lilium martagon*, *Angelica montana*, *Serratula tinctoria*, *Phyteuma spicatum*, *Betonica officinalis*, *Geranium Robertianum*, *Pteridium aquilinum*, *Rubus saxatilis*.

Profil glebowy: 2–3 cm ściółka i butwina, 3–20 cm szczerk glinkowaty mialowy, 20–40 cm szczerk mialowy, głębiej w próbkach 16, 18, 20 glina, natomiast w próbkach 17 i 19 glina z domieszką piasku.

Biotop V. — Grond wysoki (typowy).

Las ten porasta gleby gliniaste (próbki Nr 22–24) i piaszczysto szczerkowane (próbki Nr 21 i 25). Obok grabu występuje tu świerk i dąb. Zwarcie koron duże 0,8–0,9; podszyt niski. Runo bardzo bogate w gatunki pokrywa teren w około 80%. Mchy (*Mnium cuspidatum*) nie tworzą dywanu i stanowią niewielki procent roślinności zielnej. Miejsca odkrywek porastały: *Oxalis acetosella*, *Galeobdolon luteum*, *Asperula odorata*, *Asarum europaeum*, *Ajuga reptans*, *Stachys silvaticus*, *Convallaria majalis*, *Geum urbanum*. Poza odkrywkami spotykano gatunki wymienione w biotopie poprzednim, poza tym: *Dentaria bulbifera*, *Rumex* sp., *Campanula trachelium*, *Polygonatum multiflorum*, *Aegopodium podagraria*, *Brunella vulgaris*, *Pteridium aquilinum*, *Urtica dioica*.

Profil glebowy: Nr próbki 21 i 25 — 2 cm ściółka i butwina, 2–15 cm piasek szczerkowany mialowo ziarnisty, głębiej szczerk glinkowaty. Nr próbki od 22 do 24 — 2 cm ściółki i butwiny, 2–20 cm szczerk glinkowaty, głębiej glina.

Biotop VI — Grond niski.

Las zbliżony do wyżej opisanego, bardziej wilgotny. Wilgotność terenu hamuje rozwój grabu, a sprzyja rozwojowi dębów (35). Obserwuje się domieszkę jesionu. Gleba glinkowata i szczerkowa. Zwarcie koron 0,9, podszytu 0,2. Runo bogate, urozmaicone o wyglądzie ziolorośla. Miejsca odkrywek porastały: *Stellaria media*, *S. holostea*, *Impatiens nolitangere*, *Geranium Robertianum*, *Oxalis acetosella*, *Asperula odorata*, *Majanthemum bifolium*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum officinale*, *Stachys silvaticus*, *Urtica dioica*, *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Dentaria bulbifera*. W pewnym oddaleniu od miejsca pobierania próbek spotykano rośliny wymienione w biotopie poprzednim, a poza tym: *Allium ursinum*, *Pulmonaria obscura*, *Scrophularia nodosa*.

Profil glebowy: 2 cm ściółka i butwina, 2–25 cm szczerk próchniczny, 25–40 cm szczerk pylasty. W próbkach Nr 28 i 29 głębiej szczerk glinkowaty, w próbkach Nr 26, 27, 30 — glina.

D. Ols

Biotop VII. — Ols wodogruntowy

Badany ols położony jest nad rzeką Orłówką. Glebę stanowi tu mazisty dobrze rozłożony czarny torf olszynowy. Wśród roślinności drzewiastej przeważają jesion, świerk i olcha. Zwarcie koron 0,5, podszytu 0,5. Runo w postaci ziolorośla bardzo bogate i urozmaicone. Wyniosłości w postaci kęp okółodrzewnych zajmuje roślinność charakterystyczna dla grondów. Próbkę pobierane były z terenów pomiędzy kępami, które porastały drobne mchy nie tworzące kobierców i wątrobowce, *Oxalis acetosella*, *Stellaria nemorum*, *Geum*

urbanum, Chrysosplenium alternifolium, Geranium palustre, Galium aparine, Impatiens nolitangere, Agrostis sp., Poa palustris, Circaea lutetiana, Galeobdolon luteum, Myosotis palustris, Asarum europaeum, Geranium Robertianum, Carex sp., Cystopteris fragilis, Lamiium purpureum, Urtica dioica, Mercurialis perennis, Chaerophyllum hirsutum, Cirsium rivulare, Filipendula ulmaria, Crepis paludosa.

E. Torfowiska

Biotop IV — Bór bagienny.

Jest to przewodnione torfowisko typu przejściowego o strukturze kępowej, z sosną i z domieszką brzozy. Kępy zbudowane są z mchów sphagnowych i z *Entodon Schreberi* porośłe przez: *Oxycoccus quadripetalus, Molinia caerulea, Vaccinium vitis idaea, V. myrtillus, Ledum palustre*. Pomiędzy kępami rosły: *Galium aparine, G. palustre, Carex caespitosa, C. lasiocarpa, C. pseudocyperus, Agrostis alba, Calamagrostis lanceolata, Equisetum limosum, Epilobium palustre, Polygonum persicaria, Cardamine amara, Myosotis palustris, Lycopus europaeus, Chrysosplenium alternifolium, Cirsium rivulare, C. oleraceum, C. palustre, Filipendula ulmaria, Lysimachia vulgaris, Menyanthes trifoliata, Lythrum salicaria, Angelica silvestris, Phragmites communis, Aspidium pteopteris, Chaerophyllum hirsutum, Cicuta virosa, Comarum palustre, Peucedanum palustre, Caltha palustris.*

Biotop VIII — Carpinetum.

Jest to bezleśne torfowisko przejściowe typu brzozowego. Na przewodniowym nierozłożonym torfie rosną niskie *Betula verrucosa, B. pubescens* i krzaki *Betula humilis, Salix repens var. rosmarinifolia, S. pentandra*. Tereń pokrywa kożuch mchów torfowych tworząc niewielkie kępy. Wśród roślinności runa spotykamy: *Cardamine amara, Drosera rotundifolia, Galium palustre, Ranunculus Flammula, Agrostis alba, Lycopus europaeus, Epilobium palustre, Myosotis palustris, Comarum palustre, Lythrum salicaria, Menyanthes trifoliata, Caltha palustris, Carex lasiocarpa, C. diandra, Filipendula ulmaria, Equisetum palustre, Cirsium rivulare, Phragmites communis, Eriophorum polystrachyllum, Orchis maculatus, Epipactis palustris.*

V. Wyniki badań

1) Własności fizyczne i chemiczne gleb

Z danych zestawionych w tablicach 1—10 widać wyraźnie wielką różnorodność badanych gleb, zarówno pod względem własności fizycznych jak i chemicznych.

Wilgotność gleb. Ols i torfowiska są przewodnione, a gleby lasów liściastych bardziej wilgotne od borów. Największe nawilgocenie gleby spotykamy wiosną, mniejsze latem i jesienią. Wiosną szereg próbek z grądów wykazuje pełne nasycenie wodą (tab. 1 i 2).

Temperatura. Wartości temperatury gleb poszczególnych biotopów są na ogół wyrównane. Najwyższe temperatury miały gleby pobrane latem, niższe wiosną, najniższe jesienią. Latem i wiosną temperatura była wyższa w warstwie powierzchniowej, jesienią w głębszej (tab. 3).

Tab. 1.

Wilgotność próbek gleb, w % nasycenia pojemności wodnej gleb.
Humidity of soil samples in pc. of the saturation capacity of the soil.

Nr biotopu no of the habitat	Nr próbki no of the sample	Poziom gleby - Level					
		a			b		
		Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring
U	-	48,2	64,3	65,4	-	-	-
I	4	35,4	33,2	54,4	25,4	26,4	48,4
	2	36,4	37,3	53,4	34,3	30,4	48,3
	3	40,5	44,2	64,2	25,4	23,4	53,2
	4	33,6	32,6	58,4	35,4	34,2	54,3
	5	43,4	44,2	64,3	23,5	28,3	58,2
	Ś	37,6	37,4	57,0	28,7	27,8	54,8
II	6	43,3	44,2	63,2	40,4	38,3	56,4
	7	47,2	45,3	69,2	45,5	40,4	60,2
	8	43,3	45,8	59,3	34,4	30,3	53,4
	9	56,5	57,4	74,8	48,2	40,3	68,2
	10	47,4	45,2	64,3	29,2	28,4	59,4
	Ś	47,5	46,8	64,9	39,4	35,4	59,4
III	11	39,4	37,4	59,3	40,2	38,4	68,2
	12	39,4	36,2	63,2	50,5	49,2	74,0
	13	36,6	37,8	58,3	48,0	48,5	64,2
	14	40,9	39,4	59,4	39,4	39,0	66,3
	15	45,3	40,3	62,3	43,2	37,3	64,2
	Ś	40,2	38,4	60,4	44,2	42,4	66,4
III _a	16	67,0	64,2	93,4	84,4	78,4	100,0
	17	57,4	56,4	92,3	70,4	68,2	100,0
	18	66,4	60,3	92,4	84,3	78,2	100,0
	19	43,3	45,3	83,8	45,2	54,2	94,3
	20	54,2	54,4	88,4	59,7	55,8	92,4
	Ś	57,5	54,8	94,4	67,5	66,5	96,7
IV	21	50,4	46,4	64,2	29,2	28,4	73,4
	22	63,3	50,3	89,3	84,3	64,3	100,0
	23	60,2	58,4	92,4	68,4	70,3	100,0
	24	56,4	58,3	94,3	73,2	69,5	100,0
	25	53,5	54,4	73,3	48,6	44,8	80,3
	Ś	56,7	52,9	67,4	60,4	54,2	92,6
	26	66,0	64,4	83,4	79,3	65,4	99,3
	27	59,4	60,2	94,3	75,4	72,3	92,4
	28	42,3	44,3	83,4	52,5	48,2	92,4
	29	67,2	54,4	80,3	73,2	75,4	100,0
30	44,4	45,3	78,4	53,2	54,3	98,8	
Ś	55,8	54,8	83,8	66,7	62,4	96,5	
VII	31	94,3	83,8	100,0	95,4	94,2	100,0
	32	73,2	70,7	100,0	84,4	80,3	100,0
	33	85,4	84,3	100,0	95,8	90,2	100,0
	34	86,0	79,0	100,0	93,7	88,8	100,0
	35	92,5	82,3	100,0	94,2	94,2	100,0
	Ś	86,2	79,4	100,0	92,0	88,3	100,0
IV	36	84,2	82,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	37	92,3	90,4	100,0	100,0	100,0	100,0
	38	88,4	90,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	Ś	87,3	87,5	100,0	100,0	100,0	100,0
VIII	39	100,0	100,0	-	100,0	100,0	-
	40	100,0	100,0	-	100,0	100,0	-
Ś	100,0	100,0	-	100,0	100,0	-	

U — gleba uprawna (cultivated soil).
Ś — średnio (average).

Tabl. 2.

Poziom wody gruntowej w okresie pobierania próbki, w cm.)
Level of soil-water in the season of the collection of the samples (in cm).

Biotop Habitat Okres Season	I	II	III	III _a	IV	V	VI	VII	VIII
Lato Summer	-209 (170-255)	-197	-195 (145-253)	-365 (398-337)	-6 (4-8)	-150 (97-X)	-147 (107-148)	-45 (14-16)	+7
Jesień Autumn	-230 (201-253)	-279	(138-X)	-377 (348-X)	-6 (4-8)	-224 (244-260)	-164	-24 (23-25)	+3
Wiosna Spring	-246 (184-245)	-160	-	-	-	-	-68 (17-143)	-	-

Uwaga — Liczba górna oznacza wartość średnią.
Liczby w nawiasach oznaczają graniczne poziomy wody w poszczególnych glebach.

Notice — The upper number — average quantity.
The number in the brackets — boundary level of water in every soil.

X — brak wody w rurze. Lack of water in the tube.

¹⁾ Obliczone na podstawie danych z Oddziału I, B. L. w Białowieży.

Tab. 3.

Wykaz temperatur gleby w okresie pobierania próbek °C. ¹⁾
Soil temperature in the season of sample collecting.

Biotop Okres Season	Habi- tat	I	II	III	III _a	IV	V	VI	VII	VIII	Głębokość w cm Depth in cm
Lato Summer		44,9	44,6	44,4	44,2	45,9	45,4	45,6	45,0	46,8	5
		14,7	14,2	14,2	14,8	15,2	14,9	15,0	14,4	16,0	10
		14,5	13,6	13,7	14,9	14,8	14,4	14,3	13,3	15,8	20
		13,3	12,8	12,6	13,9	12,7	13,7	14,5	14,7	15,8	50
Jesień Autumn		4,8	2,1	4,2	2,8	3,3	2,7	2,7	3,6	-0,8	5
		2,7	2,9	2,5	2,7	4,3	3,2	3,3	4,4	0,6	10
		4,4	4,2	4,2	4,2	5,5	4,2	4,2	6,2	2,5	20
		6,6	6,8	6,5	5,7	7,9	6,2	6,6	8,2	7,4	50
Wiosna Spring		11,0	10,0	-	-	-	-	10,0	-	-	5
		10,8	9,8	-	-	-	-	10,1	-	-	10
		10,4	9,5	-	-	-	-	10,0	-	-	20
		8,5	8,3	-	-	-	-	9,3	-	-	50

Odczyn. Najbardziej kwaśne okazały się gleby z borów i torfowisko bezleśne (VIII) — najmniej kwaśne były próbki z olsu. W warstwie powierzchniowej gleby „a” odczyn był z reguły niższy niż w poziomie „b”. Badane próbki okazały się najmniej kwaśne wiosną, najbardziej kwaśne jesienią. Najwyższa spotykana wartość odczynu gleby wynosiła pH = 6,85 (ols) — najniższa pH = 3,85 (bór mieszany) (tab. 4).

Związki organiczne. Ilości związków organicznych w borach i w grondach są na ogół zbliżone (8,8—2,0% w poziomie „a” i 0,5—2,1% w poziomie „b”). Duże ilości tych związków w całym profilu wykazał obszar torfowiska również ols (71,2—90,1%). Różnice w zależności od pory roku były niewielkie. Nieco więcej związków organicznych znaleziono w próbkach wiosennych (tab. 5).

Azot ogólny i amoniakalny. Te same spostrzeżenia odnoszą się do ilości azotu ogólnego i amoniakalnego w badanych glebach. W próbkach z borów i z grondów ilości azotu ogólnego w mg na 100 g s. m. gleby wahały się 115—342 w poziomie „a” i 38—112 w poziomie „b”, a azotu amoniakalnego 0,5 do 3,0 w poziomie „a” i ślady — 1,5 w poziomie „b”. Zasobne w azot były torfowiska i ols. W olsie na 100 g s. m. gleby było azotu ogólnego 1309 do 2036 mg a azotu amoniakalnego 8,3 do 16,7 mg (tab. 6 i 7).

¹⁾ Dane z Oddziału I. B. L. w Białowieży.

Tab. 4.

Kwasowość czynna (wartości w pH) w glebach. pH in distilled H₂O.

Nr biotopu No of the biotope	Nr próbki No of the sample	Poziom gleby - Level					
		„a”			„b”		
		Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring
U		6,80	7,22	7,28	-	-	-
I	1	4,25	4,44	4,34	5,65	5,67	5,72
	2	4,02	3,89	4,05	5,24	5,07	5,86
	3	4,55	4,46	5,05	5,60	5,24	5,89
	4	4,43	4,27	4,64	5,65	5,52	5,84
	5	4,22	4,43	4,40	5,33	5,05	5,76
	Ś	4,26	4,44	4,39	5,43	5,25	5,84
II	6	4,43	4,30	4,52	5,54	5,08	5,77
	7	4,65	4,44	4,52	5,63	5,32	5,88
	8	4,07	3,76	4,34	5,44	5,46	5,36
	9	4,07	3,83	4,28	5,25	6,02	5,44
	10	4,54	4,09	4,73	5,42	5,03	5,89
	Ś	4,28	4,03	4,44	5,43	5,45	5,64
III	11	4,10	4,07	4,23	5,25	5,24	5,37
	12	3,94	3,85	4,02	5,09	4,88	5,52
	13	4,53	4,06	4,33	4,98	5,73	5,06
	14	4,00	3,87	4,09	5,24	5,08	5,54
	15	3,90	3,94	4,12	5,09	5,03	5,63
	Ś	4,14	3,95	4,15	5,44	5,45	5,37
III _a	16	4,84	4,28	5,05	4,98	4,85	5,37
	17	5,35	5,09	5,89	4,38	4,24	5,38
	18	4,37	4,24	5,35	5,35	5,04	5,50
	19	5,69	5,74	5,74	6,05	5,89	6,03
	20	4,95	4,84	5,09	5,44	5,09	5,56
	Ś	4,82	4,56	5,34	4,92	4,73	5,52
Nr biotopu No of the biotope	Nr próbki No of the sample	Poziom gleby - Level					
		„a”			„b”		
		Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring
V	21	5,85	5,26	6,27	6,28	5,49	6,00
	22	4,78	4,65	4,98	5,55	5,64	5,36
	23	4,82	4,24	5,34	5,73	5,74	5,89
	24	4,60	4,66	5,27	5,53	5,54	6,26
	25	5,84	5,54	5,90	6,08	6,04	6,29
	Ś	5,40	4,65	5,35	5,75	5,64	5,87
VI	26	4,42	4,24	4,40	5,38	5,04	5,27
	27	4,89	4,75	5,45	5,24	5,04	5,26
	28	5,94	5,72	5,93	6,07	6,03	6,37
	29	5,55	5,24	5,89	6,04	5,89	6,28
	30	5,35	5,09	5,75	5,89	5,57	6,02
	Ś	4,93	4,72	5,00	5,58	5,32	5,60
VII	31	6,64	6,54	6,75	6,65	6,68	6,65
	32	6,55	6,35	6,74	6,75	6,84	6,85
	33	6,25	6,03	6,35	6,48	6,45	6,74
	34	6,45	6,09	6,68	6,25	6,34	6,53
	35	6,38	6,59	6,54	6,44	6,55	6,66
	Ś	6,43	6,26	6,58	6,48	6,53	6,68
IV	36	5,20	4,95	5,35	6,24	5,90	6,68
	37	5,35	5,08	5,56	6,54	6,40	6,75
	38	5,08	4,85	5,28	6,09	6,04	6,50
	39	5,20	4,96	5,39	6,25	6,00	6,64
	40	4,85	4,54	-	5,23	4,82	-
	Ś	4,94	4,58	-	5,35	4,50	-

U — gleba uprawna (cultivated soil).

Ś — średnie stężenie jonów H⁺ wyrażone w pH.Average of H⁺ concentration calculated in pH.

Azotany. Badane próbki okazały się ułogiem w azot azotanowy. W borach i torfowiskach wykryto azotany tylko w nielicznych próbkach i to w nikłych ilościach (do 0,5 N/NO₃ na 100 g s. m. gleby). Nieco większe ilości tego związku znaleziono w grondach i olsach, przy czym większe ilości były w poziomie „a” (do 2,0 mg N/NO₃ na 100 g s. m. gleby) niż w poziomie „b” (do 0,8 mg) (tab. 8).

Kationy wymienne o charakterze zasadowym. Ilości kationów wymiennych w glebach borów są małe, najbardziej zasobne okazały się gleby z olsu i z torfowisk. Istotnych różnic w ilościach kationów w zależności od poziomu gleby nie stwierdzono. Sumaryczna ilość kationów wymiennych w miligramównowaznikach na 100 g gleby wynosiła 0,7—2,8 w glebach z borów, 1,8—13,5 z grondów i 31,1—53,2 z olsu. Wiosną zasobność kationy była nieco wyższa, niż w pozostałych porach roku (tab. 9).

Tab. 5.

Ilość związków organicznych w %% s.m. gleby.
Organic compounds in pc of the dry weight of soil.

Nr próbek Nr próbki	Poziom gleby - Level						
	„a”			„b”			
	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	
U	4,4	4,3	4,4	-	-	-	
I.	1	6,4	5,8	6,2	4,2	4,0	4,0
	2	3,4	3,0	4,0	0,9	4,0	4,0
	3	2,6	2,3	2,2	4,0	4,4	4,4
	4	3,9	3,8	3,8	4,0	0,8	4,3
	5	3,8	4,4	3,9	4,5	4,3	4,4
Ś	3,9	3,8	4,0	4,4	4,0	4,4	
II.	6	5,9	4,7	6,0	4,9	4,4	4,5
	7	4,3	4,0	5,3	4,2	4,3	4,3
	8	4,8	6,8	4,7	0,8	0,6	0,8
	9	5,4	5,3	5,4	1,5	1,4	1,4
	10	5,4	4,7	8,5	4,4	0,8	4,0
Ś	5,4	5,4	5,9	4,3	4,0	4,2	
III.	11	4,0	4,4	5,4	4,4	4,0	4,3
	12	5,8	4,9	6,2	4,2	4,4	4,4
	13	3,0	3,4	4,3	4,7	4,2	4,5
	14	5,4	8,1	6,8	4,6	4,4	2,3
	15	5,3	4,3	5,4	2,4	4,8	2,0
Ś	4,6	4,8	5,8	4,5	4,3	4,6	
IIIa	16	2,8	2,8	3,0	0,9	0,7	4,0
	17	5,0	4,7	4,8	4,4	4,0	4,2
	18	2,4	2,0	3,4	0,6	0,5	0,8
	19	2,6	2,5	2,8	4,0	4,4	4,0
	20	2,0	2,3	2,9	0,8	4,0	4,0
Ś	2,8	2,8	3,3	0,9	0,8	4,0	

Nr próbek Nr próbki	Poziom gleby - Level						
	„a”			„b”			
	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	
V.	21	4,5	4,4	6,5	4,8	4,3	4,5
	22	5,4	3,4	6,9	4,2	4,0	4,3
	23	4,5	3,8	4,6	4,3	4,2	4,5
	24	4,3	3,9	6,5	4,3	4,4	4,4
	25	5,8	5,0	6,7	4,7	4,5	4,8
Ś	4,9	4,0	6,2	4,4	4,2	4,5	
VI.	26	3,2	3,4	4,4	4,7	4,3	4,8
	27	2,6	3,9	5,0	4,8	4,2	4,5
	28	3,5	3,4	4,5	4,5	4,3	4,7
	29	4,6	4,0	8,8	4,4	4,5	4,5
	30	4,8	3,7	6,4	4,4	4,2	4,4
Ś	3,7	3,6	5,7	4,5	4,3	4,6	
VII.	31	78,6	82,3	83,4	76,5	75,2	76,4
	32	87,9	89,4	90,4	85,2	84,3	85,6
	33	85,6	84,5	84,4	75,4	76,2	78,4
	34	76,3	82,4	80,3	73,2	75,3	76,3
	35	78,4	80,3	85,4	74,2	74,2	74,8
Ś	84,3	83,6	84,6	76,2	77,0	78,2	
IV.	36	93,4	90,4	92,3	85,4	86,2	88,3
	37	88,5	90,4	92,4	84,2	82,4	85,6
	38	89,4	89,9	94,3	78,9	79,4	80,3
Ś	90,3	90,0	92,0	84,7	82,5	84,7	
VIII.	39	85,4	84,2	-	84,2	82,4	-
	40	88,2	85,4	-	75,3	80,3	-
Ś	86,6	84,6	-	78,2	84,2	-	

U — gleba uprawna (cultivated soil).

Ś — średnio (average).

Stopień nasycenia kationami zasadowymi. Również stopień nasycenia kationami zasadowymi w glebach borów był niższy niż w glebach grądów. Próbki z olsów i torfowisk badane nie były. W poziomie głębszym stopień nasycenia kationami był z reguły wyższy. W borach procent nasycenia gleb zasadami wynosił: 10,0—23,1 w poziomie „a” i 29,6—67,8 w poziomie „b”; w grądach 18,8—49,5 w poziomie „a” i 45,6—95,1 w poziomie „b” (tab. 9).

Przyswajalny fosfor. Najmniej zasobne w przyswajalny fosfor okazały się gleby borów i torfowiska, a warstwy powierzchniowe bardziej ubogie aniżeli warstwy głębsze. Istotnych różnic w zawartości fosforu zależnie od pory roku nie stwierdzono. Ilość przyswajalnego P_2O_5 wyrażona

Tab. 6.

Ilość azotu ogólnego w mg na 100 g s. m. gleby.
Sum of N in mg of 100 g dry soil.

Nr próbek and no. of the soil	Nr próbki no. of the sample	Poziom gleby - Level					
		„a”			„b”		
		Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring
U		442	435	424	-	-	-
I.	1	274	265	295	75	65	70
	2	472	465	225	98	65	65
	3	447	425	415	64	70	75
	4	207	204	242	65	55	93
	5	495	235	240	84	70	78
	Ś	499	498	244	68	65	76
II.	6	274	253	294	105	74	89
	7	247	224	253	76	78	82
	8	258	305	254	64	52	70
	9	264	265	270	85	79	83
	10	258	223	267	73	65	74
	Ś	259	253	287	80	69	79
III.	11	224	230	272	70	65	84
	12	273	252	297	75	68	74
	13	474	480	244	98	72	85
	14	278	344	346	84	73	112
	15	283	248	270	104	98	108
	Ś	245	252	279	85	75	94
IIIa.	16	447	452	463	55	46	62
	17	260	244	252	67	65	80
	18	425	448	470	43	38	45
	19	449	440	465	62	65	60
	20	420	434	448	52	60	74
	Ś	460	456	479	56	54	63
V.	21	243	232	308	95	85	89
	22	284	485	324	76	65	90
	23	232	494	245	80	70	94
	24	224	484	285	82	64	74
	25	294	254	294	85	65	92
	Ś	253	208	290	83	69	84
VI.	26	478	465	246	97	82	99
	27	442	206	275	104	65	82
	28	188	484	284	90	84	93
	29	253	237	342	83	90	98
	30	278	492	295	64	65	54
	Ś	208	497	288	86	80	92
VII.	31	4683	4408	4804	4685	4432	4890
	32	4853	4984	4944	4904	4882	2034
	33	2036	4803	4943	4832	4834	2032
	34	4634	4506	4684	4844	4404	4509
	35	4503	4408	4594	4408	4309	4443
	Ś	4744	4624	4779	4747	4574	4776
IV.	36	2034	2344	2544	2304	2044	2358
	37	2503	2442	2634	2408	2408	2408
	38	4994	4683	2044	4909	4604	4894
	Ś	2444	2035	2385	2206	4904	2249
VIII.	39	2034	4982	-	4894	4904	-
	40	4903	2043	-	4704	4890	-
	Ś	4967	4997	-	4797	4895	-

U — gleba uprawna (cultivated soil).

Ś — średnia (average).

w mg na 100 g s. m. gleby wynosi: w borach 1—8 w poziomie „a” i 2—10 w poziomie „b”; w grondach 3—17 w poziomie „a” i 2—28 w poziomie „b”. W glebach olsów wartości te wahały się 9—28, a w torfowiskach od 1,5 do 6 mg (tab. 10).

2) Nityfikacja

Ilości nityfikatorów w glebach Białowieskiego Parku Narodowego podane są w tab. 11, a wyniki doświadczeń nad siłą nityfikacyjną gleb zestawione w tab. 12 i przedstawione graficznie na wykresie 1. W tabelach tych zamieszczono też dla porównania nasilenie nityfikacji w jednej próbce gleby uprawnej. Jak widzimy nityfikacji nie znaleziono w próbkach torfów (biotop IV i VIII) oraz we wszystkich próbkach powierzchniowych i w ogromnej większości próbek poziomu „b” borów (biotop I, II, III).

Tab. 7.

Ilość mg N/NH_3 na 100 g s. m. gleby.
Quantity of N/NH_3 in mg of 100 g dry soil.

Nr biotopu No. of the habitat	Nr próbki No. of the sample	Poziom gleby - Level					
		a			b		
		Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring
U		0,8	0,8	0,7	-	-	-
	1	4,4	4,2	4,3	0,3	0,3	0,4
	2	0,8	0,9	1,4	●	0,2	0,4
	3	0,7	1,4	1,2	0,5	0,6	0,8
	4	4,0	4,0	4,3	0,2	0,2	0,3
	5	0,5	0,8	1,1	●	0,2	0,4
	\bar{S}	0,8	1,0	1,2	● - 0,5	0,3	0,4
II	6	4,2	4,3	4,5	0,2	0,3	0,3
	7	4,5	4,4	4,6	0,3	0,2	0,3
	8	0,8	1,0	1,0	0,4	0,5	0,7
	9	0,8	0,8	0,9	●	0,2	0,4
	10	0,9	1,1	1,2	●	0,3	0,5
		\bar{S}	4,0	4,1	4,2	● - 0,4	0,3
III	11	4,2	4,3	4,5	0,3	0,4	0,6
	12	4,3	0,7	4,3	0,8	0,7	0,8
	13	1,0	0,9	1,4	0,3	0,5	0,8
	14	0,8	0,9	0,9	0,2	0,3	0,6
	15	0,7	1,2	1,4	●	0,2	0,4
		\bar{S}	4,0	4,0	4,1	● - 0,8	0,4
IIIa	16	4,2	4,3	4,5	0,7	0,6	0,9
	17	4,4	4,4	4,6	0,6	0,6	0,7
	18	4,3	4,5	1,8	0,2	0,3	0,5
	19	0,9	1,4	1,5	0,8	0,7	0,9
	20	4,2	1,5	1,6	0,3	0,4	0,6
		\bar{S}	4,2	4,4	4,6	0,4	0,5
V	21	4,6	4,8	2,3	0,3	0,6	1,3
	22	4,2	1,4	2,0	0,6	0,8	1,2
	23	4,4	4,3	1,8	0,7	0,6	1,3
	24	0,9	1,4	1,7	0,8	0,6	0,5
	25	1,4	2,1	2,5	0,6	0,7	0,9
		\bar{S}	4,2	4,6	2,0	0,6	0,6
VI	26	2,4	2,3	2,7	0,4	0,8	1,0
	27	4,8	4,6	2,4	0,6	0,5	0,7
	28	2,3	2,4	3,0	0,3	0,7	1,5
	29	1,6	1,8	1,8	0,7	0,6	0,8
	30	1,2	1,4	1,6	1,2	0,9	1,3
		\bar{S}	4,8	4,8	2,2	0,8	0,7
VII	31	42,4	44,1	46,7	40,4	43,2	45,8
	32	40,3	9,3	15,4	8,3	8,1	11,3
	33	41,8	15,8	44,8	12,3	14,3	16,4
	34	40,4	41,0	43,8	41,2	42,4	44,3
	35	8,6	8,9	10,1	9,4	10,3	12,6
		\bar{S}	40,5	44,8	44,5	40,2	44,6
IV	36	41,8	40,8	42,4	40,4	40,8	41,6
	37	18,6	19,3	21,4	14,3	12,8	18,3
	38	44,3	44,4	45,6	42,4	42,1	42,3
		\bar{S}	44,9	43,6	49,6	44,3	44,9
VIII	39	48,4	48,3	-	47,1	46,3	-
		\bar{S}	46,3	48,4	-	45,3	46,8

U — gleba uprawna (cultivated soil).

● — ślady (traces).

\bar{S} — średnio (average).

Ilość nityfikatorów i siłę nityfikacji gleb badanych biotopów przedstawić można w kolejności: maximum — ols (VII) — grondy (VI, V) — pseudodąbrowa (III-a), minimum — bory (I, II, III), w których nityfikację stwierdzono tylko latem w poziomie głębszym i to zaledwie w jednej próbie na 5 zbadanych z każdego biotopu.

Zarówno ilość nityfikatorów jak i siła nityfikacyjna różniły się znacznie w poszczególnych próbkach gleby w obrębie tego samego biotopu. W grondzie wysokim nityfikują silniej próbki Nr 21 i 25 niż Nr 22—24, zaś w grondzie niskim silną nityfikację w porównaniu do innych próbek odznacza się próbka Nr 28. Najbardziej wyrównaną siłę nityfikacji obserwuje się w glebach z olsu.

Tab. 8.

Zawartość azotanów w glebach: ilość N/NO_3 na 100 g s.m. gleby, mg.
 Concentration of nitrates in soils: quantity of N/NO_3 in mg of 100 g dry soil.

Nr biotopu no. of the habitat	Nr próbki no. of the sample	Poziom gleby - Level						
		"a"			"b"			
		Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	
U		64	70	82	-	-	-	
I	1	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	
	3	●	0	0	0,4	●	0	
	4	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	●	0	0	
	Ś	0-●	0	0	0-0,4	0-●	0	
II	6	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	
	8	●	0	0	0,3	●	0	
	9	0	0	0	0	0	0	
	10	0	0	0	0	0	0	
	Ś	0-●	0	0	0-0,3	0-●	0	
III	11	0	0	0	0	0	0	
	12	0	0	0	0	0	0	
	13	●	0	0	0,3	●	0	
	14	0	0	0	0	0	0	
	15	0	0	0	0	0	0	
	Ś	0-●	0	0	0-0,3	0-●	0	
IIIa	16	●	0	0	0	0	0	
	17	0,4	●	●	0,5	●	0	
	18	●	0	0	0,5	●	0	
	19	0,8	4,3	0,2	0,3	●	●	
	20	0,3	●	0	0	0	0	
	Ś	●-0,8	0-4,3	0-0,3	0,3	0-●	0-●	
V	21	4,5	0,8	0,5	0,8	0,4	●	
	22	0,8	0,6	0,4	0,5	●	0	
	23	0,7	0,6	●	0,4	0,5	0	
	24	0,9	0,4	●	●	●	0	
	25	4,2	0,4	0,4	0,5	●	0	
		Ś	4,0	0,5	●-0,5	●-0,8	●-0,5	0-●
	VI	26	4,6	4,2	0,5	0,5	●	●
		27	4,5	4,3	0,6	●	0	0
		28	1,0	4,6	4,5	0,6	●	●
		29	4,3	4,0	●	●	●	0
30		4,5	4,0	●	●	●	0	
	Ś	4,6	4,2	●-4,5	●-0,6	0-●	0-●	
VII	31	0,8	0,6	●	0,5	0,6	●	
	32	4,3	0,8	●	0,8	0,5	0	
	33	0,8	4,0	●	0,5	0,6	0	
	34	4,0	4,5	0	●	0,5	0	
	35	4,0	4,0	0	●	●	0	
	Ś	4,0	4,0	0-●	●-0,8	●-0,6	0-●	
IV	36	0	0	0	0,4	●	0	
	37	0	0	0	0,4	0,4	0	
	38	0	0	0	0,5	●	0	
		Ś	0	0	0	0,4	●-0,4	0
VIII	39	0	0	-	0	0	-	
		Ś	0	0	-	0	-	

U — gleba uprawna (cultivated soil).

● — ślady (traces)

Ś — średnio (average).

Pewnym, choć bardzo warunkowym, wskaźnikiem nasilenia nityfikacji może być zawartość azotanów w badanych glebach (tab. 8). Związki te bowiem mogą być przyswajane przez rośliny i drobnoustroje, denityfikowane lub też wymywane z gleby. Pewną zależność między nasileniem nityfikacji a występowaniem tych związków daje się jednak zauważyć. W próbkach nienityfikujących (z wyjątkiem biotopu IV) nie wykryto wymiernych ilości azotanów. Stosunkowo małą ilość tych związków w olsie, w którym nityfikacja jest stosunkowo energiczna, możnaby tłumaczyć łatwym w tym biotopie wymywaniem (przewodnienie gleby, ruch wody gruntowej).

Znany jest brak procesu nityfikacji w torfowiskach wysokich (97). Christensen (10) oraz Fuchs i Ziegenspeck (21) nie znajdują nityfikacji w torfowiskach wysokich, stwierdzają natomiast ten

Tab. 9.

Własności sorbcyjne gleb.

Nr próbek No of the samples	Poziom .a' gleby - Level						Poziom .b' gleby - Level						
	Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring		Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring		
	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	
U	34,0	96,4	25,3	94,6	30,4	97,3	-	-	-	-	-	-	
I.	1	1,7	16,6	1,5	15,7	1,8	10,0	1,5	46,8	1,5	50,0	1,8	56,2
	2	1,0	10,3	1,1	11,6	1,5	19,6	0,8	29,6	1,0	37,0	1,1	44,4
	3	1,0	10,5	0,7	8,4	1,3	12,7	1,1	37,9	0,9	36,0	1,5	48,3
	4	1,1	12,7	1,0	12,3	1,3	13,2	1,3	41,3	1,5	48,4	1,1	36,6
	5	1,4	17,7	1,3	16,4	1,4	16,4	1,5	41,6	1,7	50,0	1,3	46,4
Ś	1,2	13,5	1,1	12,8	1,4	13,2	1,2	39,5	1,3	43,6	1,3	46,3	
II.	6	1,7	13,3	1,8	14,8	2,1	14,7	1,2	36,3	1,4	41,1	1,5	44,1
	7	1,6	14,4	1,5	14,1	1,8	15,5	1,8	54,5	2,0	60,6	1,6	57,1
	8	1,2	11,6	1,3	13,2	1,7	15,1	1,2	41,3	1,1	42,3	1,3	46,4
	9	1,3	13,6	1,2	13,1	1,5	15,0	1,5	55,5	1,9	67,8	1,8	64,2
	10	1,4	14,8	1,1	12,2	1,6	16,6	1,2	48,0	1,3	54,1	1,5	55,5
Ś	1,4	13,5	1,3	13,4	1,7	15,9	1,3	47,1	1,5	53,1	1,5	53,4	
III.	11	1,9	14,1	2,0	14,1	2,4	16,3	1,8	37,5	1,4	34,1	1,6	35,5
	12	2,1	16,0	1,9	15,3	2,3	16,6	1,6	40,0	1,3	34,1	1,8	40,9
	13	1,8	15,0	1,7	16,6	1,9	15,5	1,8	46,1	1,9	56,8	2,0	62,6
	14	2,3	19,4	2,0	18,3	2,2	10,3	1,7	45,9	1,8	46,4	1,9	47,5
	15	2,6	22,2	2,4	22,4	2,8	23,1	1,8	46,1	1,9	51,3	1,6	48,4
Ś	2,1	17,3	2,0	17,3	2,3	16,3	1,7	43,1	1,6	44,9	1,7	44,9	
IV.	16	3,7	31,3	3,3	31,7	3,8	31,1	2,1	47,7	2,3	52,2	2,4	54,5
	17	2,0	19,0	2,1	21,8	2,7	23,6	2,8	60,8	3,4	69,3	3,1	63,7
	18	2,5	23,8	2,5	24,2	3,1	27,6	1,8	54,5	2,2	61,7	2,3	63,8
	19	3,4	30,9	3,5	30,4	3,6	32,1	2,3	50,0	2,1	45,6	2,4	51,0
	20	3,6	30,7	3,2	28,0	2,8	25,5	1,8	48,6	2,0	52,6	1,8	54,5
Ś	3,0	27,0	2,9	27,2	3,2	28,0	2,1	52,3	2,4	56,8	2,4	61,5	

S — Sumaryczna ilość kationów wymiennych o charakterze zasadowym w miligramównoważnikach na 100 g suchej gleby.

Quantity of basic cations exchangeable in milliequivalence in 100 g of dried soil.

V — Stopień nasycecia kationami zasadowymi w %.

Degree of saturation with basic cations.

U — Gleba uprawna (cultivated soil).

Ś — Średnio (average).

proces w torfowiskach niskich. Warunkiem przebiegu nityfikacji w torfowiskach jest według Gaardena i Hagem a ruch wody gruntowej umożliwiający przewietrzanie (20). Gauer i Ziegenspeck uważają, że nityfikatory w torfowiskach wysokich nie mają odpowiednich warunków do rozwoju (21).

Wielu autorów, jak Hesselman (26—29), Bockor (2), Fehér (18), Nemeč (65), Suszki na (72), Remezow (72) i Szumakow (81), stwierdza słabą nityfikację lub kompletny jej brak

Sorption properties of the soil.

Tab. 9.

Nr. biotopu No. of biotope	Nr. próbek No. of soil samples	Poziom. „a” gleby - Level						Poziom. „b” gleby - Level					
		Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring		Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring	
		S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V
V	21	62	37,5	3,8	35,8	4,3	37,0	2,9	69,0	3,1	72,0	2,8	70,0
	22	2,1	15,8	4,9	18,8	2,5	22,4	2,0	47,6	2,0	49,5	2,5	55,5
	23	2,5	25,0	2,7	27,0	2,7	26,4	2,5	67,5	2,8	68,2	2,3	69,3
	24	3,7	23,4	3,3	31,7	3,8	32,4	2,3	58,9	2,5	64,1	2,7	64,2
	Ś	4,1	37,6	3,9	36,1	4,0	33,3	3,4	70,8	3,8	76,0	3,9	95,1
	Ś	3,3	28,6	3,1	29,8	3,4	30,2	2,6	62,7	2,8	65,9	2,8	70,8
VI	26	2,4	21,8	2,2	20,5	3,1	25,8	2,3	50,0	2,0	48,7	2,6	56,5
	27	4,0	34,0	3,8	35,8	4,5	38,1	3,1	63,2	3,2	66,6	3,5	70,0
	28	5,4	45,3	6,1	45,5	6,3	49,5	3,3	75,0	3,5	81,3	13,5	83,1
	29	4,5	40,1	3,9	37,1	4,5	39,8	4,0	75,4	3,5	77,7	4,0	76,5
	30	3,9	34,4	3,8	33,6	4,0	33,6	2,9	70,7	2,7	64,2	4,6	76,6
	Ś	4,0	35,6	3,6	34,5	4,4	37,3	3,1	66,8	2,9	67,7	5,6	74,4
VII	31	40,1	-	43,2	-	44,8	-	35,8	-	40,5	-	42,7	-
	32	35,6	-	41,1	-	65,1	-	31,1	-	38,1	-	44,8	-
	33	40,1	-	39,3	-	37,8	-	36,1	-	37,3	-	32,1	-
	34	35,8	-	38,5	-	41,6	-	40,1	-	44,5	-	48,1	-
	35	45,1	-	44,3	-	53,2	-	38,5	-	43,2	-	47,3	-
	Ś	39,3	-	44,3	-	46,4	-	36,7	-	40,1	-	43,0	-
IV	36	63,2	-	61,1	-	60,0	-	65,1	-	59,1	-	63,0	-
	37	61,3	-	59,2	-	61,3	-	60,3	-	68,1	-	65,0	-
	38	54,3	-	47,7	-	50,4	-	41,3	-	58,3	-	47,0	-
	Ś	59,6	-	54,0	-	57,2	-	65,5	-	64,8	-	58,3	-
VIII	39	51,3	-	43,1	-	-	-	48,3	-	51,3	-	-	-
	40	41,8	-	38,9	-	-	-	39,1	-	37,2	-	-	-
	Ś	46,5	-	41,0	-	-	-	43,7	-	44,2	-	-	-

w glebach lasów szpilkowych w przeciwieństwie do gleb lasów liściastych. Większą ogólną ilość mikroorganizmów w lasach liściastych aniżeli w szpilkowych stwierdza również Ch a ł a b u d a (6).

Wyniki pracy niniejszej potwierdzają więc w zasadzie spostrzeżenia wyżej przytoczonych autorów. Torfowiska typu przejściowego i zbliżone do wysokich (biotop IV) nie nityfikują, a badane lasy liściaste Białowieży wykazują znacznie intensywniejszą nityfikację aniżeli lasy szpilkowe, w których procesu tego właściwie nie wykryto (z wyjątkiem nielicznych próbek pobranych w lecie).

Z wyników zebranych w tab. 11 i 12 widać, że występowanie nityfikatorów i nasilenie procesu nityfikacji zależy od głębokości warstwy gleby. Zasięg nityfikatorów w profilach gleb Puszczy Białowieskiej był w różnych biotopach rozmaity. We wszystkich zbadanych glebach z lasów liściastych

Tab. 10.

Ilość mg przyswajalnego P_2O_5 na 100 g s. m. gleby.
 P_2O_5 assimilable for plants, in 100 g of dry soil.

Nr próbek Nr of the sample	Poziom gleby - Level						
	„a”			„b”			
	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	
U	40	36	42	-	-	-	
I.	1	2	2	2	4	3	3
	2	3	2	4	3	2	3
	3	3	3	3	5	4	7
	4	2	2	2	3	3	3
	5	4	3	2	6	3	4
\bar{S}	2,8	2,4	2,0	4,2	3,0	4,0	
II.	6	2	2	2	2	2	3
	7	3	2	2	4	3	5
	8	5	3	3	4	3	4
	9	4	4	4	5	6	8
	10	6	5	4	7	6	6
\bar{S}	4,0	3,6	3,0	5,0	4,0	5,2	
III.	11	8	7	6	10	9	10
	12	3	3	3	3	3	4
	13	7	7	5	6	9	8
	14	5	4	8	10	8	6
	15	3	3	3	4	5	3
\bar{S}	5,2	4,8	4,0	6,6	6,8	6,2	
III _a	16	8	7	6	6	8	12
	17	3	3	3	2	6	8
	18	6	6	5	15	4	7
	19	40	14	13	20	13	18
	20	5	4	4	2	3	7
\bar{S}	6,4	6,8	6,2	9,0	6,8	10,4	

Nr próbek Nr of the sample	Poziom gleby - Level						
	„a”			„b”			
	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	Wiosna Spring	
V.	21	14	12	12	18	18	18
	22	4	3	3	6	7	6
	23	4	4	4	15	16	15
	24	8	7	6	10	12	13
	25	12	10	8	12	15	16
\bar{S}	8,4	7,2	6,6	12,4	13,8	13,6	
VI.	26	8	9	10	9	10	12
	27	3	4	10	15	12	8
	28	14	20	27	28	18	18
	29	15	16	16	18	15	20
	30	5	7	8	20	16	10
\bar{S}	7,0	14,2	14,2	18,0	14,4	13,8	
VII.	31	16	15	21	20	18	23
	32	10	9	10	20	15	21
	33	23	20	18	12	10	24
	34	12	11	12	28	18	21
	35	25	20	15	15	20	24
\bar{S}	17,6	15,0	18,2	19,0	16,2	22,2	
IV.	36	2	1,5	1	4	3	4
	37	3	3	2	5	6	5
	38	2	1,5	2	3	2	3
\bar{S}	2,5	2,0	2,5	4,0	3,6	4,0	
VIII.	39	2	2	-	3	4	-
	40	2	3	-	4	4	-
	\bar{S}	2,0	2,5	-	3,5	4,0	-

U — gleba uprawna (cultivated soil).
 \bar{S} — średnio (average).

ilość tych bakterii i intensywność nityfikacji maleje z głębokością. Natomiast w lasach szpilkowych nityfikacja w powierzchniowych próbkach nie ujawnia się zupełnie, stwierdzono ją tylko w 20% próbek, w piasku na głębokości 40 cm. Spostrzeżenia te potwierdzałyby wyniki badaczy cytowanych w rozdziale II, zarówno tych, którzy znajdowali większe ilości nityfikatorów w warstwie próchnicznej lasów, jak i tych którzy ujawniali nityfikatory tylko w poziomie mineralnym profilu glebowego

Wpływ wilgotności gleby. Wilgotność gleby ma duży wpływ na przebieg nityfikacji (tab. 1 i 2). Woda stojąca utrudnia dopływ powietrza, a to uniemożliwia rozwój nityfikatorów. Z wypadkiem takim mamy do czynienia w próbkach z biotopów IV i VIII, w których nityfikacja nie przebiega zupełnie. Nadmiernym nawodnieniem można tłumaczyć małą

Tab. 11.

Ilość nityfikatorów I i II fazy na 1,0 g s. m. gleby.

Quantity of nitroso- and nitromicroorganismus in 1,0 g of dry soil.

Nr. biotopu No. of the habitat	Nr. próbki No. of the sample	Poziom „a” gleby - Level						Poziom „b” gleby - Level					
		Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring		Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
U		400.000	40.000	40.000	40.000	4.000.000	1.000.000	-	-	-	-	-	-
I	3	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0
II	8	0	0	0	0	0	0	5-40	5	0	0	0	0
III	13	0	0	0	0	0	0	40	5	0	0	0	0
IIIa	16	40	5	40	5	5	7	0	0	0	0	0	0
	17	40	1-5	40	1-5	5	4	5	4	5	4	5	4
	18	40	5-40	40	5-40	5	7	0	0	0	0	0	0
	19	100	100	100	40	40	5-40	40	5	40	5	5	4
	20	40	5	40	5	5	7	0	0	0	0	0	0
V	24	1.000	1.000	100	100	40	40	40	40	5	40	5	5
	22	40	40	100	40	5	7	40	5	40	5	5	4
	23	100	100	40	40	4	4	40	5	40	5	5	4
	24	40	40	40	40	5	4	40	40	40	40	5	4
	25	1.000	100	100	100	40	40	40	40	5	5	5	4
VI	26	40	100	100	100	40	40	5	4	5	4	0	0
	27	40	40	5	40	4	7	5	4	0	0	0	0
	28	10.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	40	40	40	40	40	5
	29	100	100	40	100	10	40	5	40	5	40	5	4
	30	40	40	40	40	5	4	5	4	0	0	0	0
VII	34	1.000	40.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	4.000	1.000	1.000	100	40
	32	100	1.000	1.000	100	100	100	100	100	100	100	40	40
	33	1.000	100	1.000	100	100	100	1.000	100	100	40	40	100
	34	100	1.000	100	100	10	00	100	100	100	40	40	100
	35	40.000	40.000	1.000	1.000	100	10.000	1.000	1.000	100	100	100	400

Próbki z biotopów I Nr 1, 2, 4, 5
 " " " II " 6, 7, 9, 10
 " " " III " 11, 12, 14, 15
 In samples from the habitats I No 1, 2, 4, 5
 " " " II " 6, 7, 9, 10
 " " " III " 11, 12, 14, 15
 U — „gleba uprawna” (cultivated soil).

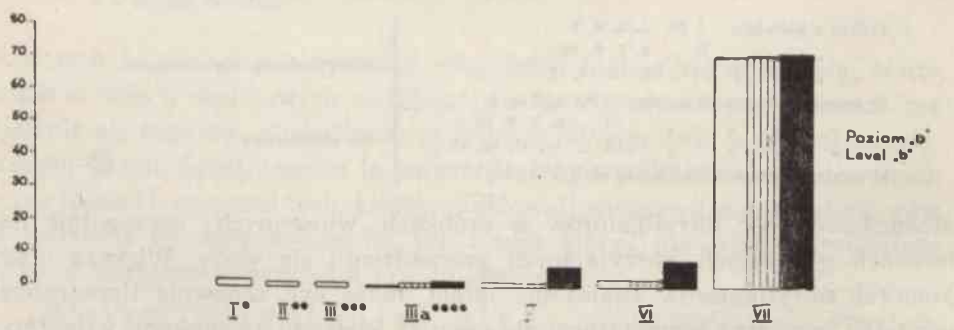
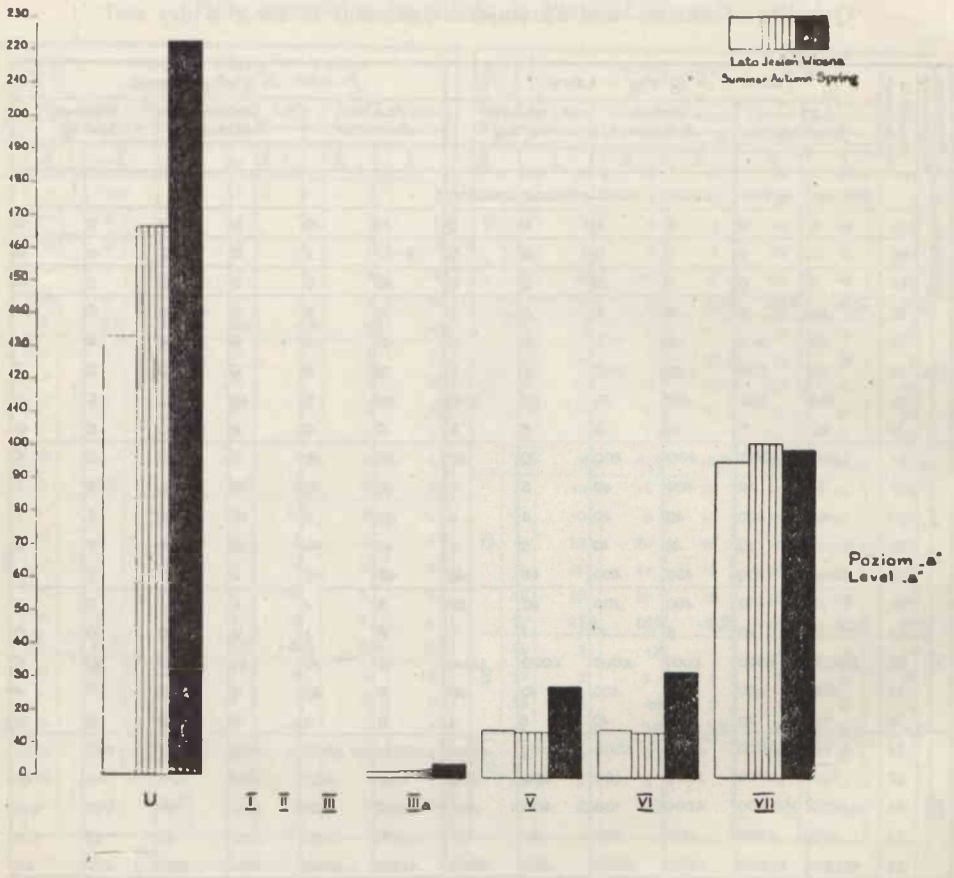
Nityfikatorów nie ujawniono

No nitrifiers

stosunkowo ilość nityfikatorów w próbkach wiosennych, szczególnie na terenach gliniastych, sprzyjających gromadzeniu się wody. Większa ilość komórek nityfikatorów znaleziona latem, może być zapewne tłumaczona nie tylko korzystną temperaturą, ale również lepszymi stosunkami wilgotnościowymi w tym okresie.

W borach stosunki wilgotnościowe nie są przypuszczalnie przyczyną braku nityfikatorów. Gleby borów, bardziej suche niż gleby grądów, były jednak dla rozwoju nityfikatorów wystarczająco wilgotne. Różnicami w na-

Wykres I.
 Intensywność procesu nitryfikacji w glebie z dodatkiem $(NH_4)_2SO_4$



Liczby rzymskie — numery biotopów. U — gleba uprawna. * próbka Nr 3. ** próbka Nr 8. *** próbka Nr 13. **** próbka Nr 17 i 18. Liczby skali — stosunek procentu znitryfikowanego N do ilości dni po których pojawiły się azotany.

The intensity of nitrification in the soil, after addition $(NH_4)_2SO_4$. Roman figures — numbers of the habitats. U — cultivates soil. * Sample No 3. ** Sample No 8. *** Sample No 13. **** Sample No 17 and 18.

The figures of the scale = $\frac{\text{percent of nitrified nitrogen}}{\text{numbers of days after which nitrates appear}}$

wilgoceniu nie da się wytłumaczyć niejednakowej intensywności nityfikacji w próbkach powierzchniowych i pobranych z niższych horyzontów.

Intensywną nityfikację w olsach pomimo przewodnienia gleby, tłumaczyć można przewietrzaniem umożliwiającym ruchem wody. Przypuszczalnie, źródłem tlenu w tych glebach mogą być również glony. Na dostateczną ilość tlenu wskazuje obecność tak wybitnego tlenowca jakim jest azotobakter (nawet w poziomie „b“, patrz tab. 13).

W p ł y w t e m p e r a t u r y g l e b y. Zestawmy teraz intensywność nityfikacji z temperaturą gleby (tab. 3). Wpływem temperatury nie można tłumaczyć braku nityfikatorów w torfowiskach. W glebach tych w lecie była ona bardziej sprzyjająca aniżeli w biotopach pozostałych. Czynniki ten nie może odegrać również roli w wyjaśnieniu braku nityfikatorów w borach. Różnice w temperaturze gleb grądów i olsu w okresie pobierania próbek były niewielkie i nie mogły posiadać znaczenia decydującego. Również różnice w natężeniu nityfikacji w zależności od głębokości warstwy gleby, nie dadzą się interpretować wpływem temperatury. Pomimo okresowych różnic temperatury gleb w zależności od głębokości, intensywność nityfikacji silniejsza jest w warstwie powierzchniowej, bez względu na porę roku.

W p ł y w o d c z y n u g l e b y. Biotopy, w których nityfikacji nie ujawniono, odznaczały się na ogół kwaśnym odczynem. Należą tu wszystkie próbki powierzchniowe biotopów I, II, III, IV i VIII (tab. 4).

Większość próbek stosunkowo silniej nityfikujących odznacza się mniej kwaśnym odczynem (Nr 21, 25, 28), ale część z nich takiej prawidłowości nie wykazuje np. próbki nienityfikujące z poziomu „a“, Nr 4, 5, 6, 7, 10, 13 posiadają wartości pH tego samego rzędu, co próbki nityfikujące Nr 26, 23 (jesień) i 24 (lato i jesień).

Również różnice w nityfikacji gleb lasów liściastych wykazują zależność od odczynu tylko w wypadku, gdy intensywności nityfikacji w biotopach III-a, V i VI przeciwstawimy intensywność tego procesu w biotopie VII o najwyższej wartości pH, zbliżonej do odczynu obojętnego. Porównanie nityfikacji w biotopach III-a, V i VI wykazuje znaczne różnice w nasileniu tego procesu, zwłaszcza pomiędzy pierwszym z nich, a dwoma pozostałymi, gdy tymczasem średnie wartości pH tych biotopów są do siebie zbliżone.

Odczynem środowiska nie da się również wytłumaczyć intensywniejszej nityfikacji górnych warstw gleby lasów liściastych. Próbki powierzchniowe okazały się bowiem z reguły bardziej kwaśne od próbek pobranych z niższych horyzontów.

Fakt, że odczyn nie jest czynnikiem wyłącznie decydującym o przebiegu nityfikacji w glebie, potwierdzają prace innych badaczy. Większego związku

między intensywnością nityfikacji poszczególnych próbek a pH nie obserwuje Hesselman; zależność ta według tego samego autora zaznacza się tylko przy zestawieniu średnich wyników (27). Voss i Ziegenspeck znaleźli jednakowe nasilenie nityfikacji w glebach o różnej wartości pH (94), a Petersburgskij w glebach jednakowo kwaśnych stwierdził różną intensywność tego procesu (69). Również z badań Fehéra nad nityfikacją gleb leśnych wynika, że przy identycznym odczynie gleb rozpiętość w ilości nityfikatorów była duża, bo wahała się 1—10.000 osobników na 1 g gleby (18).

Wpływ związków organicznych azotu ogólnego i amoniakalnego w glebie. Podstawą biologicznej produkcji amoniaku są związki organiczne zawierające azot (tab. 5 i 6). Zestawiając intensywność procesów nityfikacji z ilością amoniaku w badanych glebach leśnych, stwierdzać tu można pewną zależność (tab. 7). Ilości amoniaku okazują się na ogół wyższe w próbkach silnie nityfikujących za wyjątkiem torfowisk, które choć najbardziej bogate w ten związek, nie wykazują zupełnie nityfikacji.

Zależność intensywności nityfikacji od ilości amoniaku obserwuje się wyraźnie w próbkach pochodzących z różnych poziomów. Wszystkie próbki powierzchniowe były oczywiście zasobniejsze w amoniak, a procesy nityfikacyjne były w nich też silniejsze niż w głębszych warstwach gleby.

Nasilenie nityfikacji nie wykazuje na ogół zależności od ilości związków organicznych i azotu ogólnego. Trzeba jednak podkreślić, że w olsie, w którym stwierdzamy dużą ilość tych związków, nityfikacja jest silniejsza.

Wpływ kompleksu sorbcyjnego i przyswajalnego fosforu. Nasilenie nityfikacji zwiększa się bardzo wyraźnie wraz z ilością kationów wymiennych i ze stopniem nasycenia nimi gleby (tab. 9). Gleby nienityfikujące mają w porównaniu do gleb nityfikujących małe ilości kationów wymiennych i są mniej nasycone kationami zasadowymi. Również nasilenie nityfikacji w poszczególnych biotopach liściastych wyraźnie zdaje się być uzależnione od wyżej omawianych wartości.

Wpływ kompleksu sorbcyjnego nie tłumaczy mniejszej energii nityfikacji w głębszych warstwach gleby. Ilości kationów wymiennych w głębszych poziomach gleby waha się bowiem w granicach tego samego rzędu co ilości w warstwach powierzchniowych, a nasycenie kationami zasadowymi jest w tych próbkach z reguły wyższe.

Próbki bogatsze w wymienne kationy i bardziej nasycone zasadami były z reguły zasobniejsze w przyswajalny fosfor (tab. 10). W związku z tym zależność nityfikacji od ilości przyswajalnego fosforu pokrywa się ze spostrzeżeniami przedstawionymi wyżej.

Wzajemna zależność nasilenia nityfikacji i urodzajności, tak wyraźna w górnych warstwach gleby wskazuje, że obecność procesu nityfikacji oraz jego intensywność może być pewnym miernikiem urodzajności warstw powierzchniowych gleb leśnych.

Azotobakter jest znacznie bardziej wrażliwy na zakwaszenie, aniżeli nityfikatory i dlatego spotyka się go tylko w najurodzajniejszych i niekwaśnych glebach leśnych. Niemniej jednak obecność i czynność tego organizmu jest cenną wskazówką stwierdzającą wysoką urodzajność gleby.

W p ł y w s z a t y r o ś l i n n e j. Zestawmy z kolei natężenie procesów nityfikacji z rozwojem szaty roślinnej w poszczególnych biotopach. Jak już wielokrotnie podkreślano, proces nityfikacji stwierdzono właściwie tylko w lasach liściastych, co potwierdza wyniki innych badaczy.

Na ogół da się stwierdzić, że runo biotopów silniej nityfikujących jest bogate i bujne, co z kolei wiąże się z większą urodzajnością tych gleb. Rośliny mają tu pod dostatkiem wilgoci i substancji pokarmowych, to też nie zakorzeniają się głęboko. Występują tu gatunki nitrofilne tj. wymagające azotanowego źródła azotu. Z gatunków tych wymienić należy: *Viola silvestris*, *Mercurialis perennis*, *Impatiens nolitangere*, *Dentaria bulbifera*, *Melittis melissophyllum*, *Geranium Robertianum*, *Asperula odorata*, *Asarum europaeum*, *Scrophularia nodosa*, *Stellaria nemorum*, *Urtica dioica* (52). W runie tych biotopów mchy stanowią niewielki odsetek roślinności. Są to na ogół mchy drobne, nie tworzące zwartego dywanu.

Omawiając biotopy borów stwierdzić musimy, że runo jest w nich uboższe, warunki glebowe są bowiem gorsze. Występują tu gatunki o silnie rozwiniętych korzeniach, które jak *Vaccinium myrtillus* i *V. vitis idaea* zakorzeniają się w powierzchniowej warstwie próchnicznej, lub też sięgają głębokich poziomów profilu, jak *Cytisus nigricans*, *Genista tinctoria*, czy też *Astragalus glycyphyllos*. Tak wykształcone systemy korzeniowe roślin świadczą o trudnościach zaopatrywania się w wodę i w substancje odżywcze. Typowych roślin nitrofilnych nie spotykamy.

W biotopach szpilkowych spotykamy z reguły *Vaccinium myrtillus* i *V. vitis idaea* oraz często *Calluna vulgaris*. Są to rośliny znane jako acidofilne i powodujące zubożenie gleby. Sucheck i w „Wykładzie o siedlisku leśnym“ na str. 177 pisze: „Gleby leśne pozostające przez długie okresy czasu pod wpływem wrzosów ulegają prawie zupełnemu wyjałowieniu a zwrzósowanie gleby prowadzi do jej zupełnego zniszczenia w równym stopniu, a może nawet w większym jak storfienie... Z innych roślin wpływających niekorzystnie na glebę wymienić należy borówki, czernice i brusznicę. Szczególnie pod borówkami gromadzą się grube pokłady (dochodzące do 20 cm) surowej próchnicy, pod którymi to pokładami odrywają się kwaśne

Tab. 12.
 Intensywność procesu nitrifikacji w glebie z dodatkiem siarczanu amonu.
 The intensity of nitrification in the soil, after addition of $(\text{NO}_3)_2\text{SO}_4$.

Nr biotopu - Habitat	Nr próbki No of the sample	Dodatek CaCO_3 Addition of CaCO_3	Lato - Summer								Jesień - Autumn								Wiosna - Spring													
			Poziom gleby - Level "a"				Poziom gleby - Level "b"				Poziom gleby - Level "a"				Poziom gleby - Level "b"				Poziom gleby - Level "a"				Poziom gleby - Level "b"									
			Ilość dni po któ- rych		znikł	pojawił się	% znitryfi- kowanego N	Ilość dni po któ- rych		znikł	pojawił się	% znitryfi- kowanego N	Ilość dni po któ- rych		znikł	pojawił się	% znitryfi- kowanego N	Ilość dni po któ- rych		znikł	pojawił się	% znitryfi- kowanego N	Ilość dni po któ- rych		znikł	pojawił się	% znitryfi- kowanego N					
			NH ₃	NO ₂				NO ₃	NH ₃				NO ₂	NO ₃				NH ₃	NO ₂				NO ₃	NH ₃				NO ₂	NO ₃	NH ₃	NO ₂	NO ₃
U	-	-	45	48	9	100	-	-	-	-	45	24	6	100	-	-	-	-	-	-	12	15	6	400	-	-	-	-				
	+	+	9	45	6	100	-	-	-	-	9	45	6	100	-	-	-	-	-	-	9	42	3	400	-	-	-	-				
I	3	-	+	+	x	x	0	+	54	39	4	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	
		+	+	x	x	0	+	+	24	40	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0		
II	8	-	+	+	x	x	0	+	54	42	3	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	
		+	+	x	x	0	+	+	27	8	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0		
III	13	-	+	+	x	x	0	+	54	42	3	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	
		+	+	x	x	0	+	+	27	8	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0		
IIIa	16	-	+	+	45	39	2	+	x	x	0	+	42	39	2	+	x	x	0	+	42	33	5	+	x	x	0	+	x	x	0	
		+	+	+	24	8	+	+	54	54	0	+	+	27	40	+	x	x	0	+	+	15	45	+	+	x	0	+	+	x	0	
	17	-	+	+	45	36	3	+	54	54	0	+	45	36	3	+	+	48	0	+	42	30	6	+	+	42	2	+	+	42	2	
		+	+	+	24	40	+	+	36	2	+	+	24	8	+	+	40	2	+	+	42	18	+	+	+	+	30	5	+	+	30	5
	18	-	+	+	54	0	+	+	x	x	0	+	+	54	2	+	x	x	0	+	48	39	5	+	x	x	0	+	x	x	0	
		+	+	+	28	7	+	+	x	0	+	+	24	8	+	x	0	+	+	24	40	+	+	+	+	x	0	+	+	x	0	
	19	-	+	+	30	24	5	+	42	36	2	+	36	30	4	+	45	39	3	+	36	24	8	+	33	24	5	+	+	33	24	5
	+	+	+	15	15	+	+	24	6	+	+	15	15	+	+	18	8	+	+	42	30	5	+	x	x	0	+	+	x	0		
20	-	+	+	45	39	2	+	x	x	0	+	48	42	3	+	x	x	0	+	42	30	5	+	x	x	0	+	+	x	0		
	+	+	+	24	7	+	+	x	0	+	+	24	8	+	x	0	+	+	24	40	+	+	+	+	x	0	+	+	x	0		
S	-	+	+	38,4	30,4	0-5	+	+	0-2	+	+	32,6	2,8	+	+	+	+	+	+	34,2	5,8	+	+	+	+	+	+	+	+	4,4		
	+	+	+	22,4	9,4	+	+	+	4,6	+	+	22,8	9,8	+	+	+	+	+	+	47,6	44,6	+	+	+	+	+	+	+	+	3,0		
V	24	-	+	+	54	45	35	+	54	36	6	+	39	45	30	+	45	48	4	+	36	9	50	+	42	30	45	+	+	42	30	
		+	+	48	54	9	100	+	+	42	45	45	54	42	100	+	+	45	45	30	36	6	100	+	+	9	55	+	+	9	55	
	22	-	+	+	36	6	+	+	54	0	+	+	45	39	5	+	+	54	0	+	36	24	15	+	+	45	5	+	+	45	5	
		+	+	+	45	40	+	+	33	5	+	+	42	40	+	+	36	4	+	+	24	9	20	+	+	24	45	+	+	24	45	
	23	-	+	+	48	36	5	+	+	54	0	+	+	54	42	4	+	+	54	0	+	36	27	40	+	54	45	6	+	+	54	45
		+	+	+	45	40	+	+	30	4	+	+	45	42	+	+	33	3	+	+	42	18	+	+	+	24	42	+	+	24	42	
	24	-	+	+	45	39	8	+	+	54	0	+	+	42	5	+	54	48	0	+	36	24	40	+	+	48	5	+	+	48	5	
	+	+	+	48	45	+	+	30	5	+	+	45	45	+	+	27	6	+	+	42	20	+	+	+	24	9	+	+	24	9		
25	-	+	+	54	24	25	+	+	48	5	+	36	48	30	+	+	45	5	+	42	42	45	+	42	30	48	+	+	42	30		
	+	+	+	54	54	42	100	+	+	48	20	48	54	42	100	+	+	24	15	36	45	6	100	+	+	42	45	+	+	42	45	
S	-	+	+	39,4	45,4	+	+	48,4	0-6	+	+	34,2	4,8	+	+	48,2	0-5	+	+	37,2	18,6	26,0	+	+	39,6	9,8	+	+	39,6	9,8		
	+	+	+	43,8	47,0	+	+	24,6	8,8	+	+	43,2	47,4	+	+	26,4	8,6	+	+	50,0	9,0	54,8	+	+	47,4	27,2	+	+	47,4	27,2		
VI	26	-	+	+	45	33	6	+	+	45	2	+	42	33	7	+	54	42	2	+	45	24	44	+	48	36	5	+	+	48	36	
		+	+	+	48	40	+	+	30	5	+	+	45	40	+	+	24	5	+	+	42	20	+	+	+	24	40	+	+	24	40	
	27	-	+	+	48	39	3	+	+	45	0	+	54	39	4	+	+	48	0	+	45	24	40	+	48	39	5	+	+	48	39	
		+	+	+	25	7	+	+	30	2	+	+	20	8	+	+	36	2	+	+	18	15	+	+	+	24	44	+	+	24	44	
	28	-	+	+	48	42	40	+	54	36	40	+	48	45	35	+	45	27	8	45	54	9	100	+	42	24	20	+	+	42	24	
		+	+	+	45	54	9	100	+	+	48	25	42	54	42	100	+	+	45	23	24	24	6	100	+	+	8	56	+	+	8	56
	29	-	+	+	45	45	35	+	+	33	12	+	42	48	30	+	54	30	15	+	36	40	60	+	39	24	20	+	+	39	24	
	+	+	+	48	54	9	100	+	+	45	20	+	+	9	85	+	+	24	20	24	30	6	100	+	+	9	35	+	+	9	35	
30	-	+	+	54	30	4	+	+	48	2	+	+	33	4	+	+	54	2	+	50	25	45	+	48	33	8	+	+	48	33		
	+	+	+	+	24	9	+	+	33	5	+	+	24	8	+	+	36	4	+	+	40	25	+	+	+	21	45	+	+	21	45	
S	-	+	+	47,4	25,8	47,6	+	+	44,4	0-12	+	+	27,6	16,0	+	+	39,6	0-15	+	+	48,4	17,8	39,2	+	48,0	30,0	42,6	+	+	48,0	42,6	
	+	+	+	46,4	48,2	+	+	25,2	44,4	+	+	45,4	42,2	+	+	26,4	40,8	+	+	40,4	52,0	+	+	+	46,6	25,4	+	+	46,6	25,4		
VII	34	-	+	30	36	42	100	30	39	15	100	33	45	42	100	36	42	15	100	24	27	40	100	24	30	42	100	+	+	24	30	
		+	+	24	27	6	100	24	27	6	100	24	30	6	100	24	30	6	100	15	24	3	100	18	24	3	100	+	+	18	24	
	32	-	+	33	42	45	100	45	54	48	100	30	33	42	100	42	48	45	100	28	30	42	100	39	45	45	100	+	+	39	45	
		+	+	24	27	6	100	24	30	6	100	24	36	6	100	24	30	9	100	24	27	3	100	24	30	6	100	+	+	24	30	
	33	-	+	33	42	45	100	+	+	24	70	30	39	42	100	+	+	45	20	70	27	36	42	100	+	40	48	75	+	+	40	48
		+	+	24	30	6	100	39	45	42	100	24	36	6	100	45	54	42	100	24	27	6	100	36	45	9	100	+	+	36	45	
	34	-	+	36	42	48	100	+	+	24	60	33	39	45	100	45	54	48	7													

procesy próchnicowania. Borówki... przyspieszają również procesy bielico-
wania gleby“ (80). Biorąc to pod uwagę przypuszczać należy, że wpływ tych
roślin na nityfikację jest szkodliwy.

Ogromny procent runa w tych biotopach stanowią mchy, pokrywające
teren zwartym dywanem. Przypuszczać można, że wpływ ich na nityfikację
jest ujemny, bowiem gęsta pokrywa mchu utrudnia proces przewietrzania
gleby.

Wielki wpływ roślinności na mikroorganizmy glebowe podkreślają np.
K r a s i l n i k o w (42), M i s z u s t i n, S t a r k e y, L o c h h e a d i i n.
Spostrzeżenie o ujemnym wpływie borówek, wrzosu i mchów nie obce są
badaczom nityfikacji w glebach leśnych. A a l t o n e n, H e s s e l m a n (8),
N e m e c (65) oraz R e m e z o w (72) nie spotykają nityfikacji w lasach
porośniętych przez te rośliny. Również nikłą nityfikację gleb lasu sosno-
wego z borówką i mchami wykazuje S z u m a k o w (81). Słabą nityfi-
kację w asocjacjach *Vaccinium myrtilli* stwierdzali S c h i l l i n g e r i P e-
t r u oraz D e y l (37).

Skład gatunkowy runa w biotopach zależy oczywiście od warunków
siedliskowych. Rośliny oligotroficzne porastają gleby ubogie, w których ni-
tryfikacja nie przebiega, natomiast gatunki eutroficzne występują na glebach
urodzajnych, nityfikujących. Stwierdzenie wpływu poszczególnych gatun-
ków runa na przebieg procesu nityfikacji wymagałoby doświadczeń spe-
cjalnych.

W p ł y w p o r y r o k u. Wyniki tabeli 11 i 12 świadczą o istnieniu
zależności między ilością nityfikatorów i siłą nityfikacji a porami roku,
co potwierdza dane innych badaczy (p. rozdz. II).

Dane w naszej tab. 11 wskazują, że największą ilość nityfikatorów
w glebach Puszczy Białowieskiej ujawniono latem, najmniejszą — jesienią
i wiosną. Inaczej przedstawia się intensywność nityfikacji, która okazała
się największa na wiosnę, a mniejsza w pozostałych porach roku. Uzyskane
w pracowni wyniki co do siły nityfikacji nie obrazują dokładnie stanu jej
w warunkach naturalnych tj. w glebie w chwili pobierania próbek. Pamiętać
należy, że w czasie badania próbki doprowadzone były do optymalnej wil-
gotności (60% pełnego nasycenia), trzymane w optymalnej dla nityfikacji
temperaturze i dodano im dużo NH_3 .

Chcąc zbliżyć warunki doświadczenia do naturalnych pod względem
stopnia nawilgocenia gleby, założono doświadczenie z glebą o naturalnej
wilgotności. Wyniki tego doświadczenia zestawione są w tab. 14 (porównaj
tab. 12).

Doświadczenie powyższe wskazuje, że stopień nawilgocenia gleby ma
decydujące znaczenie dla przebiegu nityfikacji. Nie można więc na podsta-

Tab. 14.

Intensywność procesu nityfikacji w glebie o naturalnej wilgotności, z dodatkiem siarczanu amonu, (bez dodatku Ca CO_3).

The intensity of nitrification of the soil with natural humidity, with addition $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, (without Ca CO_3).

Bio-top Habitat	Poziom gleby Level	Lato Summer				Jesień Autumn				Wiosna Spring			
		Ilość dni pokłótych ¹⁾			% znitryfikowanego N ⁴⁾	Ilość dni pokłótych ¹⁾			% znitryfikowanego N ⁴⁾	Ilość dni pokłótych ¹⁾			% znitryfikowanego N ⁴⁾
		znikł ²⁾		pojawił się ³⁾		znikł ²⁾		pojawił się ³⁾		znikł ²⁾		pojawił się ³⁾	
		NH ₃	NO ₂	NO ₃	NH ₃	NO ₂	NO ₃	NH ₃	NO ₂	NO ₃			
III a.	a	+	54	42	●	+	+	54	●	+	x	x	0
	b	+	x	x	0	+	x	x	0	+	x	x	0
V a.	a	+	45	30	10	+	40	35	8	+	54	45	5
	b	+	54	42	2	+	48	39	2	+	x	x	—
VI a.	a	+	45	24	42	+	42	30	40	+	+	42	—
	b	+	54	36	2	+	54	36	2	+	+	x	●

1) The compound.

2) disappears in days.

3) appears in days.

4) % zdenitryfikowanego N po dwóch miesiącach.
pc. of nitrificated N after two months.

+ oznaczają, że badany związek wykryto po dwóch miesiącach

+ — investigated compound after two months.

x — badanego związku nie wykryto nawet po dwóch miesiącach.

lack of investigated compound even after two months.

wie wyników uzyskanych w tej pracy przyjęć, że wiosną przebieg nityfikacji w badanych glebach był energiczniejszy (p. tab. 12). Zastosowana metoda W a k s m a n a stwierdza bowiem zdolność nityfikacyjną gleby, nie uwzględniając czynników klimatycznych. Wnioskować tylko można, że inne czynniki wpływające na przebieg nityfikacji były w próbkach wiosennych bardziej sprzyjające aniżeli w próbkach pobranych w innych porach roku. Próbki wiosenne okazały się mniej kwaśne, zasobniejsze w amoniak. kationy wymienne i fosfor przyswajalny oraz w związki organiczne i azot ogólny. Jest to związane z intensywnym rozkładem ściółki. Świadczą o tym badania Martena i Pohlmana, którzy stwierdzili, że podczas rozkładu ściółki wartość pH rośnie (57).

Wiosną gleby były przewodnione, co wpływało ujemnie na ich aerację. Latem stosunki wilgotnościowe były bardziej sprzyjające nityfikacji. W tej porze roku również drugi czynnik klimatyczny — temperatura przedstawiał się bardziej korzystnie aniżeli wiosną.

Na większą aktualną siłę nityfikacji latem wskazuje większa ilość nityfikatorów w tym czasie i stosunkowo większa zawartość azotanów w samej glebie. Jednakże na wiosnę ilość azotanów mogła być mniejsza nie koniecznie z powodu słabszej nityfikacji, ale z powodu silniejszego w tym

okresie wymywania i intensywnego zapotrzebowania tych soli przez rośliny oraz silniejszej denityfikacji. Wyniki badań Kudrina wykazują nadto, że ilości azotanów, tworzące się w glebie z azotu pochodzącego z opadów atmosferycznych, większe są latem aniżeli w innych porach roku, ze względu na częstsze w tym okresie wyładowania elektryczne (49).

Porównując rezultaty badań z wynikami osiągniętymi przez innych badaczy, potwierdzono wyniki i poglądy Schönbruna (79) i Hardera (25), w przeciwieństwie do Weisa (89), który nie przypisuje czynnikom klimatycznym decydującej roli w przebiegu nityfikacji. Zrozumiałe jest również stanowisko innych badaczy, którzy najsilniejszą nityfikację znajdują na wiosnę. Istotnie, próbki wiosenne wykazały najwyższą zdolność nityfikacji, ograniczoną jednak czynnikiem klimatycznym (p. rozdz. II).

Warunki klimatyczne i stan gleby, zwłaszcza nasycenie jej wodą, mają przede wszystkim wielkie znaczenie dla gleb leśnych, które są zazwyczaj bardziej wilgotne aniżeli gleby uprawne i przez dłuższy czas zatrzymują wilgoć z powodu małego parowania. Wielkie znaczenie może mieć również rodzaj podglebia, które w wypadku, gdy jest gliniaste (jak np. wiele próbek badanych), długo zatrzymuje wodę, nie pozwalając jej wsiąknąć i wywołując przez to przewodnienie gleby, hamujące procesy nityfikacji.

* * *

Z wyników zestawionych z tab. II widać, że w dużej części próbek występuje więcej nityfikatorów I-szej fazy aniżeli fazy II-giej. Prawidłowość ta zaznacza się szczególnie wyraźnie w próbkach o słabym nasileniu nityfikacji, a więc w próbkach mniej urodzajnych, bardziej kwaśnych, gdzie warunki dla przebiegu tego procesu są gorsze. Brak tej prawidłowości stwierdza się natomiast w olsie, o glebie urodzajnej i odczynie sprzyjającym nityfikacji, podobnie jak w glebie ornej — kontrolnej. Przypuszczać więc należy, że w badanych glebach leśnych nitrozobakterie są lepiej przystosowane do egzystowania w złych warunkach środowiska aniżeli nityfikatory fazy II-giej. Zagadnienie to jednak nie może być rozstrzygnięte na podstawie wyników pracy niniejszej i wymaga badań specjalnych. Na intensywniejsze tworzenie się azotanów niż azotanów w glebach leśnych zwrócił już uwagę Migula w roku 1900 (61).

* * *

Który z omówionych tu czynników decyduje najsilniej o przebiegu nityfikacji w badanych glebach i czy można je rozpatrywać oddzielnie? Będą to w każdym razie czynniki decydujące o urodzajności, a więc dobre stosunki powietrzno-wodne, zasobność w kationy wymienne i przyswajalny fosfor, duże nasycenie zasadami, mało kwaśny odczyn gleby, typ roślinności i zapewne związany z tym rodzaj humusu i zespołów mikroflory. Najko-

rzystniejsze warunki dla nityfikacji znaleziono w lasach liściastych. Intensywniejszą nityfikację warstw powierzchniowych tych lasów tłumaczyć można przede wszystkim lepszą w tym poziomie aeracją oraz większą ilością amoniaku niż w warstwach głębszych. Obecność drobnej ilości nityfikatorów w trzech próbkach borów z poziomu mineralnego nie da się tłumaczyć żadnym z wyżej omówionych czynników. Dla wyjaśnienia tego zresztą odosobnionego zjawiska szukać należy innych przyczyn.

W porównaniu do gleby uprawnej, siła nityfikacyjna oraz ilość nityfikatorów w glebach Puszczy Białowieckiej okazała się mała. Wszystkie gleby, z wyjątkiem większości próbek z olsu, w ciągu nawet dwóch miesięcy nie zdołały znitryfikować całego amoniaku wprowadzonego w soli amonowej przy oznaczaniu aktywności nityfikacji. Zupełną nityfikację amoniaku w próbkach Nr 21, 22 i 28 obserwujemy tylko po dodaniu węgla wapnia. Również czas potrzebny do znitryfikowania amoniaku w próbkach z olsu okazał się o wiele dłuższy, aniżeli czas potrzebny do zakończenia tego procesu w próbkach gleby uprawnej.

3) Czynniki hamujące proces nityfikacji

Badania nad glebami Puszczy Białowieckiej stwierdziły brak nityfikacji w torfowiskach i glebach borów, co pokrywa się z wynikami innych wyżej już przytoczonych autorów. Istnienie ras i gatunków nityfikatorów specjalnie przystosowanych do życia w kwaśnych glebach leśnych np. *Nitrosocystis* i *Nitrosospira* nasuwa przypuszczenie, że nieujawnienie nityfikatorów w tych glebach spowodowane być mogło użyciem niewłaściwej, zbyt alkalicznej pożywki. Na nieprzydatność pożywki W i n o g r a d s k i e g o do badań nityfikacji w glebach leśnych zwracają uwagę G a a r d e r i H a g e m (20). Celem wyjaśnienia tego zagadnienia zaszczerpiono glebami „nienityfikującymi“ pożywki o różnym odczynie: $pH=4-8$, stopniowane co 0,5 pH. Pomimo zastosowania pożywek o tak różnorodnej skali odczynu, nityfikatorów nie wykryto, nawet po 15 dniach hodowli (doświadczenia wykonano w sposób podany w rozdz. III).

Takie same doświadczenia przeprowadzone na glebach nityfikujących lasów liściastych oraz na glebie uprawnej wykazały, że stosowana pożywka W i n o g r a d s k i e g o nadaje się do badań nad glebami leśnymi. Nityfikatory z gleb leśnych i uprawnych rozwijały się lepiej w środowisku alkalicznym aniżeli w obojętnym czy kwaśnym. Wyniki zestawione są w tab. 15. Ciekawy jest fakt, że przy glebach leśnych ino było nityfikacji w pożywce o $pH=5,5$ i niższych, podczas gdy przy zaszczerpieniu pożywki glebą uprawną nawet $pH=4$ nie tłumilo całkowicie nityfikacji. Wskazywałoby to na stosunkowo małą aktywność i ilość nityfikatorów w glebie leśnej. Tab. 15 wskazuje też, że dwutygodniowa inkubacja w pożywkach płynnych

Doświadczenia nad hamującym wpływem gleb leśnych na nityfikację. Aby przekonać się o istnieniu substancji hamujących w badanych glebach, wykonałem następujące doświadczenie. 50 g gleby nienityfikującej szczepiłem 1 ml zawiesiny gleby o znanej ilości nityfikatorów. Szczepionki przyrządzałem z leśnej gleby nityfikującej. Ilość nityfikatorów wprowadzona do gleby wynosiła na 1.0 jej gram po 1—5, 100, 1000 lub 10.000 komórek. Doświadczenia przeprowadzałem w dwóch seriach: z dodatkiem 4% CaCO_3 do gleby i bez tego dodatku. Do badań użyłem próbek jesiennych ze wszystkich nienityfikujących biotopów przy czym z każdego biotopu brałem jedną próbkę mieszaną oddzielnie z gleb z poziomu „a” i oddzielnie z „b”. W zaszczipionych nityfikatorami glebach doprowadzałem wilgotność do 60% nasycenia ich pojemności wodnej i trzymałem w termostacie o temp. 28°C w ciągu tygodnia. Po tym terminie glebami tymi szczepiłem płynne pożywki Winogradskiego.

W wyniku doświadczeń okazało się, że przy zwapnowaniu gleby proces nityfikacji ujawnił się we wszystkich szczepionych glebach pochodzących zarówno z biotopów leśnych jak i z torfowisk i to nawet bez względu na ilość nityfikatorów użytych do zaszczipienia tych gleb. Świadczy to, że warunki dla rozwoju nityfikatorów mogłyby być w tych glebach pomyślne. Inne wyniki uzyskałem badając próbki bez dodatku CaCO_3 (tab. 16).

Tab. 16.

Przebieg procesu nityfikacji w glebach lasów szpilkowych, sterylizowanych i niesterylizowanych, szczepionych różnymi ilościami nityfikatorów. (średnia dla biotopów I, II, III)¹⁾

Nitrification in coniferous forests soils, sterilized and no sterilized inoculated with different numbers of nitrifiers. (Average for the habitats I, II, III)

Dodatek CaCO_3 Addition CaCO_3	Ilość komórek nityfikatorów dodana na każdy g gleby Quantity of nitrifier cells in every g of soil										
	1-5	10	100	1000	10000	1-5	10	100	1000	10000	
	Poziom „a” gleby - Level „a”					Poziom „b” gleby - Level „b”					
-	○	○	○	±	+	○	○	±	+	+	niesterylizowanej
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	no sterilized
-	○	○	±	+	+	○	○	±	+	+	sterylizowanej
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	sterilized

Znakowanie — Explanation.

○ — brak nityfikacji — no nitrification.

± — ślady — traces.

+

¹⁾ Odchylenia od wartości uzyskanych w doświadczeniach nad glebami poszczególnych biotopów okazały się bez znaczenia.

Na podstawie zestawienia w tab. 16 widać wyraźnie, że w glebach niezwapnowanych dopiero większa ilość nityfikatorów dana w szczepionce wywoływała proces nityfikacji. Hamowanie rozwoju nityfikatorów było silniejsze w próbkach z powierzchniowych warstw gleby aniżeli w próbkach pochodzących z warstw głębszych. Takie same doświadczenie wykonane na próbkach torfów doprowadziły do podobnych wyników: torfy bez dodatku CaCO_3 wykazywały nityfikację dopiero przy wprowadzeniu 1000--10.000 komórek na gram próbki powierzchniowej i około 1000 komórek na gram próbki z poziomu głębszego.

Doświadczenia powyższe świadczą o istnieniu w badanych glebach czynników hamujących rozwój nityfikatorów, przy czym silniejsze hamowanie obserwuje się w powierzchniowych, bogatszych w substancje organiczne warstwach gleby. Czynniki hamujące nie ujawnia się w glebach z dodatkiem węgla wapnia, widocznie działanie jego uzależnione jest od niskiego odczynu gleby.

Znany powszechnie jest fakt dominowania grzybów w glebach kwaśnych w przeciwieństwie do gleb zasadowych, w których przewagę nad procesami wywoływanymi przez grzyby mają procesy bakteryjne—B i a l y j (1). Wielkie ilości grzybów w glebach leśnych w porównaniu do gleb uprawnych stwierdzili W a k s m a n (86), C h a ł a b u d a (6), M a l i s z e w s k a (56), K u ź n i a r i i. Duża ilość grzybów oraz znaczne ilości promieniowców znaleziono przez B. Hauke w badanych próbkach z Białowieży (w poziomie „a”) nasuwa przypuszczenie, że przyczyn hamowania należy szukać w działalności tych mikroorganizmów. Badania F l e m i n g a, W a k s m a n a, D u b o s, W i k e n a i O b l o m a (98, 99) oraz C z a s t u c h i n a i N i k o ł a j e w s k i e j (11) stwierdziły, że wiele pospolitych grzybów glebowych może wydzielać substancje antybiotyczne, hamujące lub niszczące inne mikroorganizmy. Znaleziono również antybiotyczną działalność wielu promieniowców -- W a k s m a n, N i c k e l, B u r k h o l d e r, Z i e m i ę c k a (101) i G o ł ę b i o w s k a (23). Wydzielanie antybiotyków przez wiele grzybów i promieniowców glebowych stwierdziły także badania E m e r s o n a, W h i f f e n a i B o h o m o s a (16). Obecność w lasach gatunków wytwarzających antybiotyki i należących do rodzaju *Penicillium* jest znana. Według Gilmana aż 184 gatunków i odmian należy do tego rodzaju. Istnieje nawet gatunek charakterystyczny dla gleb Białowieży, mianowicie *Penicillium bialowiezense* Zaleski (22).

Chcąc przekonać się, czy istotnie hamowanie nityfikacji przypisać należy działalności innych mikroorganizmów, powtórzyłem doświadczenie poprzednie z tą różnicą, że próbki użyte do badań zostały wysterylizowane

w autoklawie. Sterylność tych próbek została sprawdzona na uniwersalnym bulionie odżywcym. Średnie wyniki tych doświadczeń dla wszystkich biotopów nienitryfikujących zestawione są w tab. 16.

Zestawienie wyników zebranych w tab. 16 wskazuje, że hamowanie nitryfikacji w sterylizowanych glebach z poziomu „a” okazało się mniejsze aniżeli w próbkach niesterylizowanych, ale nie stwierdzono różnic w hamowaniu w poziomie „b” w zależności od działalności mikroflory gleby.

Czy wyniki te są wystarczająco przekonujące dla stwierdzenia, że czynnikiem hamującym nitryfikację jest działalność innych mikroorganizmów? Należy zwrócić uwagę na fakt, że pomimo sterylizowania gleby zjawisko hamowania nitryfikacji chociaż w mniejszym stopniu widoczne jest z całą wyrazistością. Tłumaczyć to można działaniem uprzednio już wydzielonych przez mikroorganizmy antybiotycznych produktów, lub też obecnością innych niezależnych od działalności mikroorganizmów substancji toksycznych. Nasuwa się również przypuszczenie, że mniejsze hamowanie nitryfikacji w glebach sterylnych spowodowane było częściowym rozkładem tych substancji toksycznych, wywołanym wysoką temperaturą (115–120°C). Brak nitryfikatorów w warstwach powierzchniowych gleb borów wskazuje, że czynniki hamujące nitryfikację związane są z warstwą próchniczną gleby.

Istnieje duże prawdopodobieństwo, że hamowanie procesu nitryfikacji w badanych glebach jest wywołane działalnością mikroorganizmów antagonicznych lub wręcz antybiotycznych, doświadczenia powyższe odpowiedzi definitywnej jednak nie dają. Wyniki tych doświadczeń wskazują niewątpliwie na istnienie czynników hamujących nitryfikację w badanych glebach, przy czym działalność tych czynników przejawia się silniej w poziomie próchnicznym. Nie ujawniają się one w wypadku dodania do gleby węgla wapnia.

Obecność czynników hamujących, mała ilość lub nieczynność azotu organicznego i innych składników pokarmowych, niedostateczna aeracja i niski odczyn gleb borów i torfowisk, składałyby się na brak nitryfikacji w tych glebach.

Osobny problem stanowi hamowanie nitryfikacji w glebach lasów liściastych. Zagadnienie powyższe wypłynęło z doświadczeń nad intensywnością nitryfikacji gleb poszczególnych biotopów (tab. 12). Wyniki tych doświadczeń wskazują, że nitryfikacja w większości próbek jest po pewnym czasie wstrzymywana. Zjawiska tego nie obserwuje się zupełnie w tych samych próbkach z dodatkiem węgla wapnia i w glebie uprawnej, a w próbkach z poziomu głębszego występuje ono z reguły po czasie dłuższym aniżeli w próbkach z warstw powierzchniowych gleby. Hamowanie nitryfikacji zaznacza się przede wszystkim w próbkach o niższym odczynie oraz w przewodnionych próbkach wiosennych o złej aeracji.

Podobne zjawiska wstrzymywania procesu nityfikacji w lasach liściastych obserwowali Mattern (58) i Chodziecki (8). Autorzy ci przypisują notowane przez nich hamowanie nityfikacji działalności innych grup mikroorganizmów.

Brak hamowania w próbkach z węglanem wapnia nasuwa przypuszczenie, że decydującą rolę przypisać należy zakwaszeniu powstającemu podczas nityfikacji. Istotnie, po zakończeniu doświadczenia pH próbek bez dodatku CaCO_3 było niższe od wartości początkowych, jednak w wielu wypadkach odczyn ich nie okazał się tak kwaśny, aby w zupełności tłumaczył wstrzymanie procesu nityfikacji. W próbkach z poziomu „a” Nr 21, 25, 29 i 30 ze wszystkich okresów i w próbkach wiosennych Nr 17, 19, 23 i 24 odczyn nie wykazywał mniejszej wartości od $\text{pH} = 4,6$, jednak proces nityfikacji został przerwany. Obecność nityfikatorów w próbkach bardziej kwaśnych, o niższych wartościach pH niż 4,6 wskazuje, że dla wytłumaczenia zjawiska hamowania nityfikacji należy szukać innych przyczyn.

Również badania Voss i Ziegenspecka stwierdzają, że hamowanie procesu nityfikacji nie ma bezpośredniego związku z kwasowością gleby. Autorzy ci przypuszczają, że wprowadzenie węglanu wapnia wpływa na zmianę składu zespołów mikroflory (94).

Najbardziej prawdopodobnym wydaje się więc tłumaczenie, że przyczyną wstrzymywania nityfikacji jest, obok zakwaszenia, działalność mikroorganizmów, których rozwój w warunkach inkubacji był silny.

Porównując wyniki doświadczeń nad hamowaniem nityfikacji w borach i torfowiskach z powyższymi obserwacjami stwierdzamy, że w obu wypadkach zjawisko hamowania związane jest z kwaśnym odczynem i złym przewietrzaniem. Wydaje się więc, że podobne czynniki wpływają na hamowanie nityfikacji w borach, torfowiskach i lasach liściastych. Bliższe wyjaśnienie tego zjawiska wymaga specjalnych badań.

4) Denityfikacja

Zdolność redukcji azotanów posiadają gleby wszystkich badanych biotopów B. P. N. Z pomocą metody rozcieńczeń stwierdzono, że w próbkach badanych ilości mikroorganizmów, wywołujących ten proces, były bardzo różnorodne. Mianowicie ilości te wahają się 10–1.000.000 na 1 g gleby w poziomie „a” i od 0–100.000 w poziomie „b”. Przybliżone ilości mikroorganizmów redukujących azotany przedstawione są w tab. 17, a intensywność tego procesu w tab. 18 i na wykresie 2.

Najbardziej intensywną zdolność redukcji azotanów posiadają próbki, które silnie nityfikują. Szeregując biotopy według zmniejszającej się w nich ilości denityfikatorów i siły denityfikacji otrzymujemy kolejność taką jak w badaniach nad nityfikacją: maximum — olsy (VII) — grondy (V, VI) —

Tab. 17.

Ilość denitryfikatorów na 1.0 g s. m. gleby.
Quantity of denitrifiers in 1.0 g of drv soil.

Biotop Habitat	Nr. prób- ki gleby No of the sample	Lato Summer		Jesień Autumn		Wiosna Spring	
		Poziom gleby - Level					
		„a”	„b”	„a”	„b”	„a”	„b”
U	-	100.000	-	100.000	-	1.000.000	-
I.	1-5	10	0-10	10	0-10	100	1-10
II.	6-10	10	0-10	10	0-10	10-100	1
III.	11-15	10	1	10-100	1	100	1-10
IIIa.	16-20	100	1-10	10	0-10	10-100	10
V.	21	10.000	100	10.000	100	100.000	100
	22	100	10	100	10	1.000	10
	23	100	10	100	10	100	10
	24	100	10	100	10	100	10
	25	1.000	100	1.000	10	1.000	100
VI.	26	1.000	10	1.000	100	1.000	100
	27	1.000	10	100	10	1.000	100
	28	10.000	100	10.000	10	1.000.000	100
	29	10.000	100	1.000	10	10.000	100
	30	1.000	10	10.000	100	1.000	10
VII.	31-35	100.000	10.000	100.000	100.000	1.000.000	100.000
IV.	36-38	10-100	1-10	1-100	1-10	10-100	1-10
VIII.	39-40	0-10	0-1	1-10	0-1	10-100	0-10

U — gleba uprawna — (cultivated soil).

pseudodąbrowa (III-a) — torfowiska (IV, VIII) i bory (I, II, III). Gleby lasów liściastych energiczniej redukują azotany aniżeli gleby borów. W poziomie próchnicznym obserwujemy większe nasilenie tego procesu, niż w poziomie mineralnym. Taką samą zależność stwierdziliśmy badając nityfikację tych gleb. Potwierdza to wyniki Bockora (2) i Fehéra (18); badających denitryfikację gleb borów węgierskich.

Tab. 18.

Zdolność gleb do redukcji azotanów.¹⁾ — Nitrates reduction — capacity of the soil.

Biotop Habitat	Lato — Summer								Jesień — Autumn								Wiosna — Spring							
	„a”				„b”				„a”				„b”				„a”				„b”			
	K	M	W	MW	K	M	W	MW	K	M	W	MW	K	M	W	MW	K	M	W	MW	K	M	W	MW
U	24	45	74	100	-	-	-	-	24	54	78	100	-	-	-	-	38	54	78	100	-	-	-	-
I	8	8	14	15	4	8	6	10	14	14	12	14	5	9	7	10	14	16	15	16	6	14	7	12
II	12	11	18	18	5	7	5	10	14	12	15	16	6	9	7	11	16	17	16	18	6	12	7	14
III	8	9	15	16	4	8	6	12	10	12	11	15	5	8	6	11	15	16	16	17	7	11	8	13
IIIa	19	24	38	42	5	11	8	19	23	25	28	34	6	15	9	19	29	38	28	44	10	18	10	19
IV	19	24	-	-	4	6	-	-	16	19	-	-	3	6	-	-	22	25	-	-	3	7	-	-
V	22	26	65	72	8	18	10	25	28	33	58	84	10	19	11	21	68	84	76	100	12	26	13	28
VI	24	25	54	68	7	15	10	22	29	35	46	63	8	18	9	19	55	70	58	75	10	19	9	18
VII	68	85	-	-	64	76	-	-	56	84	-	-	58	71	-	-	85	100	-	-	84	100	-	-
VIII	12	15	-	-	4	6	-	-	11	14	-	-	4	5	-	-	15	21	-	-	5	7	-	-

Liczby oznaczają % zdenityfikowanego N/NO₃ — Numbers — pc. of denitrified N/NO₃.

Kombinacje — Explanation.

1. K — Kontrola — gleba + 12 mg N/NO₃ — Control — soil + 12 mg N/NO₃ natural wilgotność naturalna humidity.
2. M — Jak 1 + 0,5% manitu — as No 1 + 0,5% mannite.
3. W — Jak 1, ale w 100% nasyciona wodą — as No 1, saturated with water.
4. MW — Jak 3 + 0,5% manitu — as No 3 + 0,5% mannite.

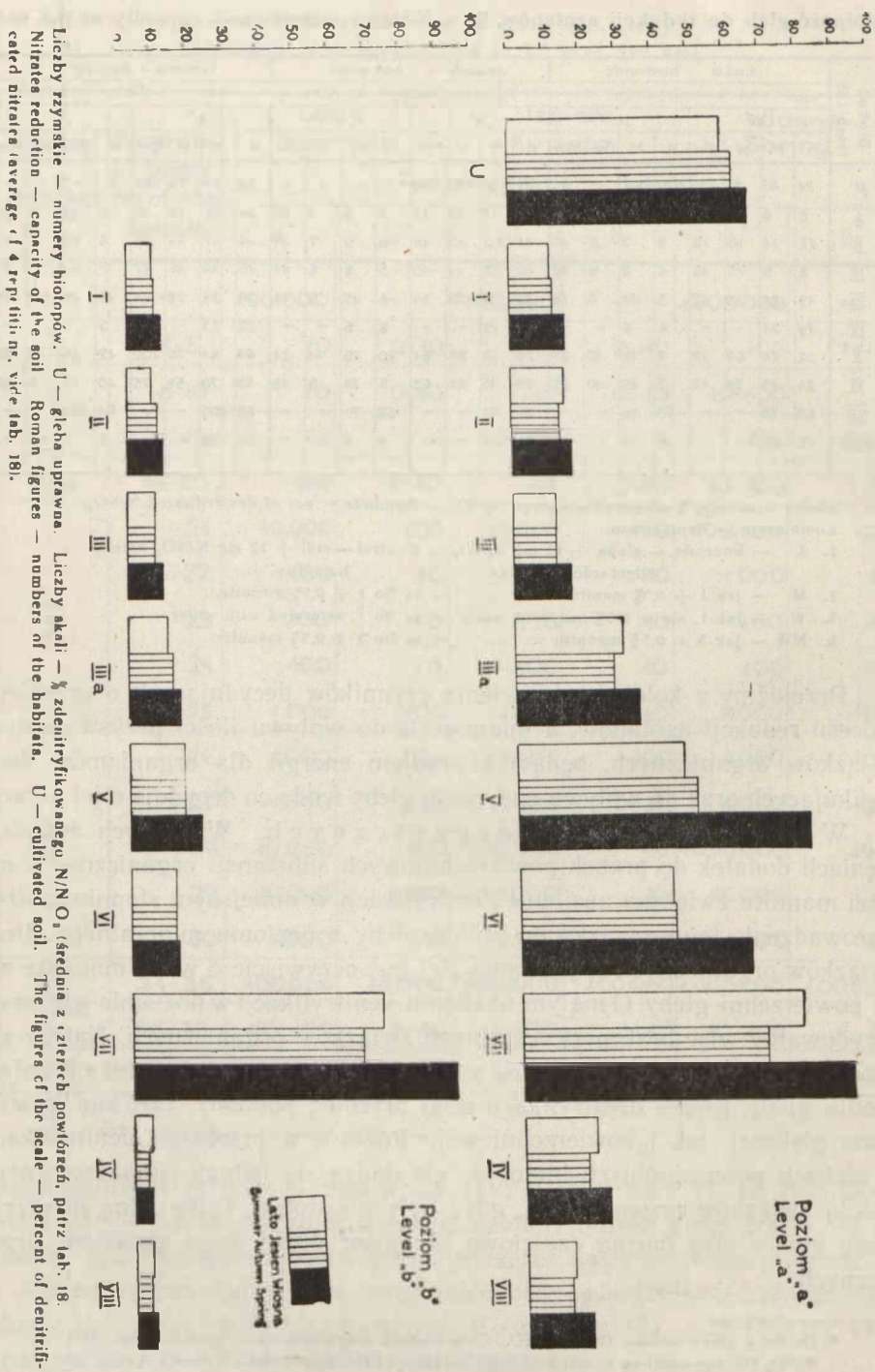
Przejdźmy z kolei do omówienia czynników decydujących o przebiegu procesu redukcji azotanów, a mianowicie do wpływu ilości przyswajalnych związków organicznych, będących źródłem energii dla organizmów denityfikujących oraz do wpływu nasycenia gleby wodą co decyduje o jej aeracji.

Wpływ związków organicznych. W naszych doświadczeniach dodatek do próbek powierzchniowych substancji organicznej w postaci mannitu zwiększa nasilenie denityfikacji w mniejszym stopniu, aniżeli wprowadzenie tego związku do próbki gleby z poziomu mineralnego. Ilość związków organicznych w poziomie „b” jest oczywiście o wiele mniejsze niż na powierzchni gleby. O małym nasileniu denityfikacji w poziomie głębszym decydowałby więc brak przyswajalnych związków organicznych. Należy zaznaczyć, że w olsie, w którym ilość związków organicznych jest duża w całym profilu gleby, proces denityfikacji miał przebieg podobny, zarówno w warstwie głębszej jak i powierzchniowej. Różnice w przebiegu denityfikacji w glebach poszczególnych biotopów nie dadzą się jednak tłumaczyć różną ilością związków organicznych, gdyż były nieistotne. Tylko silną denityfikację gleb z olsu można częściowo przypisać dużej ilości związków organicznych.

¹⁾ Do 100 g gleby dodano 12 mg N/NO₃. Czas trwania doświadczenia 2 tygodnie. Tem. 28°C.
N/NO₃ (12 mg) addition to 100 g of soil. Duration of the experiment: 2 weeks. Temp. 28°C.

Wykres II.

Zdolność gleb do redukcji azotanów — Nitrates reduction — capacity of the soil.



Drugim czynnikiem, grającym ważną rolę w przebiegu denityfikacji, jest nasycenie gleby wodą. Po nasyceniu wodą gleby badane wykazują wyraźne zwiększenie siły denityfikacji. Zupełne zdenityfikowanie azotu azotanowego w okresie doświadczenia obserwujemy jedynie w próbkach nasyconych wodą i z dodatkiem mannitu (tab. 18). Nasyceniem wodą tłumaczyć też można wielką siłę denityfikacji gleb z olsu.

Intensywność procesu denityfikacji zależy w wielkim stopniu także od urodzajności gleb. Urodzajność gleb poszczególnych biotopów omówiona została wyżej. Redukcja azotanów była silniejsza w tych glebach, w których czynniki decydujące o urodzajności przedstawiały się najpomyślniej. Jak już zaznaczono, proces denityfikacji zachodzi nie tylko pod wpływem rozmaitych gatunków bakterii, lecz grzybów i promieniowców. Badania B.-H a u k e wykazały w glebach badanych terenów duże ilości grzybów i promieniowców, w porównaniu do ilości bakterii. Wyniki te pozwalają przypuszczać, że rola tych organizmów w procesie denityfikacji badanych gleb jest duża. Wskazuje na to również fakt porastania przez grzyby płynnych pożywek dla denityfikatorów (głównie z rodzaju *Penicillium*). Stwierdzono, że grzyby, porastające pożywki, redukowały azotany.

Ciekawy jest fakt, że w pożywkach szczepionych torfem z poziomu „a” (biotop IV) spotykano duże ilości azotynów przy nikłych ilościach amoniaku. Spostrzeżenie to wskazywałoby, że organizmy tu występujące, posiadają zdolność wywoływania przede wszystkim I-szej fazy denityfikacji. Potwierdzą to w pewnym stopniu wyniki K a r l s o n a (p. rozdz. II).

Wyniki pracy niniejszej wskazują na rolę grzybów w denityfikacji gleb leśnych, wymagają jednak potwierdzenia przez badania szczegółowe.

Wpływ pory roku. Największą ilość denityfikatorów i najbardziej intensywny rozkład azotanów obserwujemy w próbkach pobranych wiosną. mniejsze nasilenie tego procesu jest jesienią, wreszcie latem (tab. 17 i 18). Spostrzeżenie to potwierdza wyniki F e h é r a (p. rozdz. II). Czynnikiem, który mógłby decydować o nasileniu procesu nityfikacji byłby może stopień nasycenia gleby wodą, które osiągnęło maximum na wiosnę.

Zaznaczyć należy, że czynnikiem wpływającym na zwiększanie się denityfikacji wiosną mogła być również wyższa w tym czasie urodzajność i bardziej sprzyjający odczyn gleby. Czynnikiem ten nie mógł jednak mieć znaczenia decydującego. Wskazuje na to większe na ogół nasilenie procesu denityfikacji próbek jesienich niż letnich pomimo, że w tych ostatnich odczyn gleby był mniej kwaśny. Również z prac B o c k o r a (2) i F e h é r a (18) widać, że nasilenie denityfikacji nie zawsze uzależnione jest od odczynu gleby.

VI. Streszczenie wyników

1. Pod względem mikrobiologicznym na terenie Białowieskiego Parku Narodowego wyróżniono dwie grupy lasów: jedną o glebach niewątpliwie nityfikujących, drugą o glebach właściwie pozbawionych nityfikatorów. Do grupy pierwszej należą wszystkie lasy liściaste, do drugiej bory i torfowiska.

2. Znalezione ilości nityfikatorów i intensywność procesu nityfikacji jest mniejsza w glebach badanych terenów niż w glebach uprawnych. Ilość nityfikatorów i nasilenie procesu nityfikacji w glebach lasów liściastych jest największa w warstwie próchnicznej gleby. W borach ujawniono nikłą nityfikację tylko w 20% próbek z poziomu mineralnego, pobranych latem. Najintensywniej przebiegającą nityfikację wykazał ols, słabszą grundy, jeszcze słabszą pseudodąbrowa.

O nasileniu nityfikacji decydowały różne czynniki warunkujące urodzajność, a więc: ilość azotu, kationów wymiennych i przyswajalnego fosforu, nasycenie zasadami, odczyn gleby i jej aeracja uzależniona od stopnia wilgotności. Intensywność procesu nityfikacji może być wobec tego wskaźnikiem urodzajności gleby leśnej.

Silniejszą nityfikację warstw powierzchniowych tłumaczyć można lepszym przewietrzaniem gleby oraz większą ilością źródeł amoniaku.

Na ogół gleby biotopów o mniej kwaśnym odczynie nityfikowały energiczniej. Wyraźnej zależności między odczynem gleby a intensywnością nityfikacji nie ujawniono. W glebach mniej urodzajnych i bardziej zakwaszonych stwierdzono stosunkowo większą ilość nityfikatorów fazy I-szej niż fazy II-giej.

3. Płynna pożywka Winogradskiego dla nityfikatorów okazała się użyteczna przy badaniu nityfikacji gleb leśnych. Zakwaszenie pożywki wpływa ujemnie na przebieg nityfikacji zarówno w glebie leśnej jak i uprawnej.

4. Badania autora wskazywały na obecność specjalnych czynników hamujących nityfikację. Ujawnianie się ich działalności związane było z kwaśnym odczynem gleby i z niedostateczną aeracją. Hamowanie zaznaczało się przede wszystkim w warstwie próchnicznej gleby. Należy przypuszczać, że dużą rolę w produkcji czynników hamujących odgrywa działalność różnych mikroorganizmów glebowych.

Brak procesów nityfikacji w borach zanotowano łącznie z występowaniem: *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* i *V. vitis idaea* oraz ze zwartym pokryciem mchów, utrudniającym przewietrzanie.

5. Azotobakter występuje tylko w próbkach najsilniej nityfikujących, najbardziej urodzajnych. Obecność tego organizmu w glebie leśnej świadczy o jej wysokiej urodzajności.

6. Proces denityfikacji był najbardziej intensywny w glebach najsilniej nityfikujących — najmniej intensywny w próbkach gleb nienityfikujących.

O natężeniu procesu denityfikacji decydowały następujące czynniki: ilość związków organicznych, urodzajność i odczyn gleby oraz stopień nasycenia wodą. Stwierdzono udział grzybów w procesach denityfikacji.

7. Okresowość procesów zarówno denityfikacji jak i nityfikacji zależy przede wszystkim od czynników klimatycznych. Z czynników tych najważniejsze okazało się nasycenie gleby wodą.

Kierownikowi Zakładu Fizjologii Roślin Profesorowi Adamowi Paszewskiemu oraz Profesorowi Doktor Jadwidze Ziemięckiej składam serdeczne podziękowanie za cenne wskazówki dotyczące pracy. Dziękuję również Kierownictwu Białowieskiego Oddziału Instytutu Badań Leśnictwa, a zwłaszcza Kierownikowi Stacji Ekologii Roślin Profesorowi Doktorowi Władysławowi Matuszkiewiczowi, za pomoc w przeprowadzeniu prac terenowych.

VII. P I S M I E N N I C T W O

1. Bjałyj A. M. — Poczwiennyje ustowija pod lesnoj połosoj. *Agrobiologija*, z. 4, 1950.
2. Bockor R. — Untersuchungen über die Mikroflora des Waldbodens. *Forstliche Versuche*, Sopron, 1926.
3. Breed R., Murray E., Parker Hitchens A. — *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Baltimore, 1948.
4. Butkiewicz W. S. — O bakterialnom nasilenij Kaspijskogo i Azowskogo morej. *Mikrobiologija*, t. VII, 1938.
5. Butylin E. I. — O processie nityfikacji w osolodiewajuszczich poczwach. *Mikrobiologija*, t. V, z. 1, 1936.
6. Chałabuda — Rezultaty izsledowanija mikroflory poczw. *Mikrobiologija*, t. XVII, z. 4, 1948.
7. Chardon, Carlos E. — Estudio preliminar sobre la ammonificacion y nitrificacion de los terrenos de Puerto Rico. *Rev. Agric. Puerto Rico*, 6, 1921, wg *Botan. Abstr.* Vol. 12, No 8, 1923.
8. Chodzicki E. — Badania mikrobiologiczne nad wpływem zmiany składu gatunkowego drzewostanów na stan gleby. Warszawa, 1933.
9. Clarke C. R. — Soil acidity and its relation to the production of nitrate and ammonia in woodland soils. *Oxford Forest. Mem.* 2, 1924, wg *Botan. Abstr.* Vol. 14, No 2, 1925.

10. Christensen M. — Studien über den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf das Bakterienleben und den Stoffumsatz im Erdboden. *Centrallbl. f. Bakteriol. Abt. II* 43, 1915.
11. Czastuchin W. Ja. i Nikolajewskaja M. A. — Izsledowanija po ekologii gribow obrazujuszczich antibioticzeskoje wieszczestwa. *Mikrobiologija*, t. XVIII, z. 1, 1948.
12. Czernawin A. S. i Jarusow S. S. — *Sprawoznaczenie agronoma po udo-brenijam*. Moskwa, 1948.
13. Daninin E. M. i Kosmortow — O chodzie nityfikacji w soloncach. *Mikrobiologija*, t. II, z. 1, 1933.
14. Dügelli M. — *Forschungen a. d. Gebiete d. Bodenbakteriologie*. Frauenfeld, 1921, wg. Chodzickiego, jak pod Nr 8.
15. Dügelli M. — Die Bakterien d. Waldbodens. *Schw. Ztschr. f. Foreswesen*, 1923, wg. Chodzickiego, jak pod Nr 8.
16. Emerson A., Whiffen J., Bohomos N. — Studies on the production of antibiotics by Actinomycetes and molds. *Jahr. of Bact. Vol. 52*, 1946, wg. *Mikrobiologija*, t. XVI, z. 6, 1947.
17. Fedorow M. W. — *Mikrobiologija*. Moskwa, 1949.
18. Fehér D. — Die Biologie des Waldbodens und ihre physiologische Bedeutung im Leben des Waldes. *Acta Forestalia Fennica*, t. 34, Helsinki, 1929.
19. Fehér D. — *Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens*. Berlin, 1933.
20. Gaarder T. u. Hagem O. — Nitrifikation in sauren Löseungen. *Naturwidensk. Reakke*, Nr 1, 1924, wg. *Botan. Abstr. Vol. 14*, No 10—11, 1925.
21. Gauer W. u. Ziegenspeck H. — *Untersuchungen über die Bodenbakterien des Stickstoffkreislaufes, insbesondere über die Nitrifikation in ostpreussischen Hochmooren*. *Botan. Archiv*, Bd. 27, z. 3/4, 1929.
22. Gilman J. — *A manual of soil fungi*. — Ames. Iowa, 1945.
23. Gołębiewska J. — Charakterystyka promieniowców antybiotycznych izolowanych z nieżywnych gleb. *Annales UMCS. Sec. E*, Vol. III, Lublin, 1948.
24. Gurfiein L. N. — O bakteriach w Japonskim more. *Mikrobiologija*, t. XIV, 1945.
25. Harder A. — Beiträge zur Kenntnis der Nitrifikation. *Bot. Archiv*, Bd. 31, 1931.
26. Hesselman H. — Studien ü. d. Nitratbildung in natürlichen Böden u. ihre Bedeutung in pflanzenökologischer Hinsicht. *Medd. f. Statens Skogsförseksanst.* 13—14, Stockholm, 1917, wg. Chodzickiego, jak pod Nr 8.
27. Hesselman H. — On the Effect of our Regeneration Measures on the Formation of Salpêtre in the Grond and its Importance in the Regeneration of coniferous Forest. *Medd. fr. Statens Skogsförseksanst.* 13—14, Stockholm, 1917, wg. Chodzickiego, jak pod Nr 8.
28. Hesselman H. — Studien ü. d. Entwicklung d. Nadelbaumpflanze im Rohhumus. *Medd. fr. Statens Skogsförseksanst.* 23, 1927, wg. Chodzickiego, jak pod Nr 8.
29. Heubüld J. — *Untersuchungen über Nitritbakterien*. *Planta-Archiv für wissenschaftliche Botanik*, Bd. 8, H. 3, Berlin, 1929.
30. Imszenieckij A. A. — Antagonisticzeskoje dieistwije niekotorych mikroorganizmow na mikrofloru poczw. *Mikrobiologija*, t. XVI, z. 5, 1947.
31. Imszenieckij A. A. — Ekologija pigmentnych mikroorganizmow. I. Antagoniczeskoje dieistwije pigmentow. *Mikrobiologija*, t. XVI, z. 1, 1947.
32. Kalinienko W. O. — Heterotrofnyje bakterii w roli nityfikatorow. *Poczwowiedienije*, z. 6, 1948.

33. Karlson A. — Denitrification and hydrogen on concentration. Biol. Abstr. Vol. 14, 1943, wg Korsakowej, jak pod Nr 45.
34. Karpiński A. i Niklewski B. — Wpływ związków organicznych na przebieg nityfikacji w kulturach nieczystych. Bull. Internat. de l'Acad. des Sciences, Nr 6, Kraków, 1907.
35. Karpiński J. J. — Materiały do bioekologii Puszczy Białowieskiej. Warszawa, 1949.
36. Kás V. — Hlavní půdní typy na algonkických horninách z okolí Pruhonic u Prahy. II část. Charakteristika mikrobiologická. Sborník Česk. Akad. Zemědělské, Roc. XVI, z. 3, Praha, 1941.
37. Kás V. — Důležitý úkoly půdní mikrobiologie. Vestník Československé, Roc. XXI, z. 1-2, 1947.
38. Koch A. — Über die Einwirkung des Laub- und Nadelwaldes auf den Boden und die ihn bewohnenden Pflanzen. Centralbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 41, 1914.
39. Koch A. und Oelsner A. — Einfluss von Fichtenharz und Tannin auf den Stickstoffhaushalt des Bodens und seine physikalischen Eigenschaften. Centralbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 45, 1916.
40. Kopp F. J. i Limberg E. L. — Mikrobiologičeskoje izsledowanija ozier Siewinnogo Kazachstana. Mikrobiologija, t. XIV, 1945.
41. Koroczkińska O. J. — Mechanizm okislitelnych processow w denitrifikacji. Mikrobiologija, t. XIV, z. 1, 1945.
42. Krasilnikow N. A. — Wlijanie rastitelnogo pokrowa na mikrobnij sostaw w poczwie. Mikrobiologija, t. XVIII, z. 5, 1944.
43. Korsakowa M. P. — Wlijanie aeracji na process wosstanowlenija nitratow. Mikrobiologija, t. X, z. 2, 1941.
44. Korsakowa M. P. — Wostanowlenije nitratow do amniaka niekotorymi fakultatywnymi i obligatnymi anaerobami. Mikrobiologija, t. X, z. 3, 1941.
45. Korsakowa M. P. — Denitrificirujuszczije bakterii. Mikrobiologija, t. XVII, z. 6, 1948.
46. Kriss A. E. — Mikroorganizmy wostocznoj czasti. Sew. Led. okeana. Mikrobiologija, t. XIV, 1945.
47. Kriss A. E. — Mikroorganizmy tundrowych i poliarno-pustynnych poczw. Mikrobiologija, t. XVI, 1947.
48. Krüdenner A. — Waldtypen — Klassifikation und ihre Volkswirtschaftliche Bedeutung. Bd. 1, Neudamm, 1927. wg Chodzickiego, jak pod Nr 8.
49. Kudrin A. A. — O postuplenii azota atmosferynymi osadkami w poczwu sieroziemnoj zony. Poczwowiedienije, z. 10, 1948.
50. Lange B. — Kolorimetrische Analyse. Berlin, 1944.
51. Lebediew D. W. — Antibiotiki w lesnoj podstielkie. Priroda, z. 3, 1947.
52. Leiningen — Über d. Stickstoffaufnahme verholzender Pflanzen. Forstw. Ctrbl. 47, 1925, wg Chodzickiego, jak pod Nr 8.
53. Limbach S. — Studien über die Nitratbildung im Boden. Zentrallbl. f. Bakter. Abt. II, Bd. 78, 1929.
54. Ljubimow W. I. — Nitytynyje bakterii w gruntach ozier i wodochraniliszcz. Mikrobiologija, t. VI, z. 3, 1937.
55. Madhok M. R.—Uddin F. — Losses of nitrous nitrogen from soils on desiccation. Soil Science, Vol. 61, 1946.
56. Maliszewska W. — Charakterystyka mikrobiologiczna gleb lasu „Ruda“. P.I.N.G.W. w Puławach. Puławy, 1950.

57. Marten E. A. a. Pohlman G. G. — Forest soil studies II. Changes in microflora and chemical composition of decomposing tree leaves. *Soil Science*, Vol. 54, No 1, 1942.
58. Mattern M. — Die Physiognomie eines Buchenwaldes *Botan. Archiv*, Bd. 22, H. 1/2, 1928.
59. Messiniewa M. A. — Charakteristika mikroflory solenowodnych wodojemow Tamarskago poluostrowa. *Mikrobiologija*, t. XVII, 1948.
60. Michniewicz M. — Ocena metod mikrobiologicznych okrešlania urodzajności gleb. *Annales UMCS. Sec. E*, Vol. IV, Lublin, 1949.
61. Migula W. — Beiträge zur Kenntnis der Nitrifikation. *Centrallbl. f. Bakt. Abt. II*, Bd. VI, nr 11, 1900.
62. Murphy H. — Nitrification studies with Yahola soils. *Journ. Amer. Soc. Agron.* Vol. 16, 1924, wg *Botan. Abstr.* Vol. 14, No 3, 1925.
63. Naftel J. A. — The nitrification of ammonium sulfate as influenced by soil reaction and degree of base saturation. *Journ. Amer. Soc. Agron.* Vol. 23, 1931. wg *Fort-schritte der Landwirtschaft*, Jahr. 6, H. 17, 1931.
64. Nieczajewa N. B. — Miksobakterija, okislajuszczaja amniak w nitry. *Mikrobiologija*, t. XVI, z. 5, 1947.
65. Nemeč A. — Untersuchungen über die chemischen Veränderungen der organischen Substanz bei der natürlichen Zersetzung der Humusaufgabe in Wäldern. *Zeitschrift f. Pflanzenerer. Düngung u. Bodenkunde*, Bd. 18, H. 2, Teil A, 1930.
66. Niklewski B. — Über die Bedingungen der Nitrifikation im Stallmist. *Centrallbl. f. Bakter. Abt. II*, Bd. 26, 1910.
67. Niklewski B. — Wpływ bakterii nitryfikacyjnych na bilans azotowy nawozu stajennego. *Rocz. Nauk. Roln.* t. IX, z. 2, Poznań, 1923.
68. Nowogrudskij D. M. — Ob odnom projawlenii antimikrobných swoistw poczwy. *Mikrobiologija*, t. XVII, z. 3, 1948.
69. Peterburskij A. W. — K woprosu o nitrifikacji w kistých poczwach. *Poczwowiedienije*, z. 1, 1946.
70. Peterburskij A. W. — *Praktikum po agrochimii*. Moskwa, 1947.
71. Rao G. G. a. Dhar N. R. — Photosensitized oxydation of ammonia and ammonium salts and the problem of nitrification in soils. *Soil Science*, Vol. 31, 1931.
72. Remezow N. P. — Usłowija azotnogo pitanija w sosnjakach. *Sowieckaja Botanika*, z. 6, Leningrad, 1938.
73. Remezow N. P. — O genezisie podzolistých poczw. *Poczwowiedienije*, z. 4, 1948.
74. Rippeł A. — Bakteriologisch-chemische Methoden der Fruchtbarkeitsbestimmung. *Handbuch der Bodenlehre*, Blanck, t. VIII, 1931.
75. Romell L. G. — En nitritbakterie ur Svensk Skogsmark. *Medd. f. Stat. Skogsförs.-anst.* H. 24, Nr 1—3, Stockholm, 1927.
76. Rubenczik L. J. i Gojcherman D. G. — K mikrobiologii griaznych ozier. *Mikrobiologija*, t. X, z. 3, 1941.
77. Rusakowa G. S. i Butkiewicz W. S. — Denitrifikacja bez izpolzowanija nitratow w kaczestwie istocznika azota. *Mikrobiologija*, t. X, z. 2, 1949.
78. Rybałkina A. W. — O toksiczeskich wieszczestwach w poczwach i ich diejstwii na poczwiennyje bakterii. *Mikrobiologija*, t. VII, z. 8, 1938.
79. Schönbrun B. — Verlauf der Nitrifikation unter besonderer Berücksichtigung der Frage nach dem periodischen Einfluss der Jahreszeit. *Centrallbl. f. Bakt. Abt. II*, Bd. 56, 1922.
80. Suचेcki K. — *Wykład nauki o siedlisku leśnym*. Lwów, 1935.

81. Szumakow W. S. — O przyczynach zadierżajuszczycch nitrifikacji w lesnych poczwach. Poczwowiedienije, z. 4, 1948.
 82. Szturm L. D. i Kanunnikowa Z. A. — Razpredielenije mikroorganizmow w presnowodnych ilowych odłożeniach. Mikrobiologija, t. XIV, 1945.
 83. Tokin B. P. — Fitocnydy. Moskwa, 1948.
 84. Traaen A. E. — Über den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Stickstoffumsetzungen im Erdboden. Centrallbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 45, 1916.
 85. Tutajewa A. J. i Manossowa S. M. — Mikrobiologiczeskije izsledowanija biochimizeskich processow griazi kurorta „Oziero Tagarskoje“ Krasnojarskogo Kraja. Mikrobiologija, t. XV, 1946.
 86. Waksman A. — Principles of soil Microbiology. London, 1931.
 87. Waksman A. — Humus. London, 1936.
 88. Weis Fr. — Über Vorkommen und Bildung der Salpetersäure in Wald und Heideboden. Centrallbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 28, 1910.
 89. Weis Fr. u. Bondorf K. A. — Kemisk-biologisk Undersogelse af Skovjord under overenaerede graner in lynghy skov. Soertryk af Det forstlige Forsogsvoensen in Danmark, V, 1920.
 90. Weisenberg U. — Über die Denitrifikation. Centrallbl. f. Bakter. Abt. II, Bd. VIII, 1902.
 91. Wernander N. B. — Podwizność azota i nitrifikacijonnaja sposobność poczw U. S. S. R. Poczwowiedienije, z. 2, 1946.
 92. Wittich W. — Untersuchungen ü. d. Einfluss intensiven Bodenbearbeitung a. Hohenlüblicher und Biesenthaler Sandböden. Neudamm, 1926.
 93. Vogel von Falkenstein — Über Nitratbildung im Waldboden. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. III, z. 6, Berlin, 1913.
 94. Voss H. u. Ziegenspeck H. — Die physikalischen Säurekonstanten und ihre Nachwirkung nach Neutralisation auf die Nitrifikation und gesamte Stickstoffbindung in natürlich und künstlich sauren Böden, unter besonderer Berücksichtigung der Waldböden, Botan.-Archiv, Bd. 25, z. 1/2, 1929.
 95. Ziemięcka J. — Metody mikrobiologicznego oznaczania żyźności gleby. Roczn. Nauk. Rol. i Leśn., t. XXI, Poznań, 1929.
 96. Ziemięcka J. — Nitrifikacja i żyźność gleby. Warszawa, 1930.
 97. Ziemięcka—Marszewska J. i Gołębiowska J. — Szczepienie torfów. Przegląd Doświadczał. Roln., t. 1, Nr 6, Warszawa, 1938.
 98. Ziemięcka—Marszewska J. — Zarys mikrobiologii gleby. Warszawa, 1948.
 99. Ziemięcka—Marszewska J. — Znaczenie drobnoustrojów antybiotycznych dla żyźności gleby Postępy Higieny i Medycyny, t. 1, 1949.
 100. Zółciński J. — Światło słoneczne i nityfikacji chemiczna. Roczn. Nauk. Roln., t. X, z. 2, Poznań, 1923.
-

Р Е З Ю М Е

Настоящая работа ставит своей задачей определение нитрифицирующей и денитрифицирующей способности почвы Беловежской пуши и установление причин, которые определяют интенсивность этих процессов в лесной почве.

Сбор материала производился летом и осенью 1949 г. и весной 1950 г. В сумме собрано 236 проб. На каждом биотопе пробы брались из 5 профилей лежащих на расстоянии 50 м одна от другой. Биотопы обозначены на карте 1. Из каждого профиля бралось 2 пробы: „а“ — из поверхностного слоя перегной глубиной 6—10 см и „б“ — из минерального слоя, лежащего на глубине ок. 40 см. Для достижения цели работу 1) определено количество нитрификаторов в почве (методом разбавления, отдельно для нитрозо и нитробактерий, табл. 11) и денитрификаторов (методом разбавления, табл. 17), 2. определено силу нитрификации и денитрификации (методом В а к с м а н а, табл. 12 и 18), 3) сопоставлено интенсивность обоих процессов с а) физико-химическими свойствами почвы б) с общей урожайностью в) наличием азотобактера (присутствие азотобактера устанавливалось методом „спонтанических культур“ „Виноградского-Земенцкой“, табл. 13) г) составом флоры исследуемого биотопа, 4) исследовано зависимость этих процессов от времени года.

Исследования физико-химических свойств почвы ограничено определением: 1) влажности (табл. 1 и 2), 2) температуры (табл. 3), 3) рН в дистиллированной воде (потенциометром, табл. 4), 4) количества замещающих щелочей сорбционного комплекса и насыщения замещающими щелочами (методом Каппена, табл. 9), 5) содержания органических соединений (табл. 5), 6) азота общего и аммиачного (методом Кельдаля, табл. 6 и 7), 7) азотнокислых солей (методом Ланге, табл. 8), 8) усваиваемого фосфора (методом Кирсанова, табл. 10).

Выводы представлены в следующих пунктах:

1. С микробиологической точки зрения на территории Беловежского парка выделено две группы лесов: одну с почвами несомненно нитри-

фицирующимися, другую лишенную нитрификаторов. К первой группе принадлежат все лиственные леса, ко второй боры и торфянки.

2. Количество нитрификаторов и интенсивность процесса нитрификации ниже в исследованных почвах по сравнению с обрабатываемыми почвами. Наибольшее количество нитрификаторов находится в перегнойном слое почвы лиственных лесов. Там же процесс нитрификации происходит наиболее интенсивно. В борах незначительная нитрификация была только в 20% проб, собранных летом. Наиболее сильно нитрификация происходит в *Fraxinetum-Alnetum*, слабее в „*Querceto-Carpinetum*“ еще слабее в псевдодубраве („*Pseudo-Quercetum*“).

3. Интенсивность процесса обуславливается различными факторами определяющими плодородие: количеством азота, замещающих катионов и усвояемого фосфора, насыщением щелочами, реакцией почвы и ее аэрацией, зависящей от степени влажности. Таким образом интенсивность нитрификационного процесса может быть показателем урожайности лесной почвы.

Более сильную нитрификацию поверхности слоев можно объяснить лучшими проветриванием почвы и большим количеством источников аммиака.

На тех биотопах, где реакция почвы менее кислая, нитрификации идет быстрее. Ясной зависимости между реакцией почвы и интенсивностью нитрификации не обнаружено.

В более кислых и менее урожайных почвах найдено относительно большее количество нитрификаторов I., чем II. фазы.

Жидкая питательная среда Виноградского оказалась подходящей при исследовании нитрификаторов лесных почв. Кислота питательной среды действует отрицательно на процесс нитрификации как в лесной так и в возделываемой почве (табл. 15).

4. Исследования автора указывают на наличие специальных факторов тормозящих нитрификацию. Проявление их действия связано с кислой реакцией почвы и недостаточной ей аэрацией. Торможение прежде всего обнаруживалось в перегнойном слое (табл. 16). Следует предположить что значительную роль в производстве тормозящих факторов играют различные почвенные микроорганизмы.

Отсутствие процесса нитрификации в борах отмечается одновременно с наличием *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* и густым моховым покровом, препятствующим проветриванию.

5. Азотобактер встречается только в наиболее сильно нитрифицирующихся и наиболее урожайных почвах. Наличие этого организма в лесной почве свидетельствует о ее высокой урожайности (табл. 13).

6. Наиболее интенсивный процесс денитрификации обнаружен в почвах сильнее всего нитрифицирующихся — наименее интенсивный в почвах не нитрифицирующихся. Решающее значение для интенсивности процесса имеют следующие факторы: количество органических соединений, урожайность почвы, ее реакция и степень насыщения влагой.

Обнаружено участие грибов в процессе денитрификации.

7. Протекание во времени процессов нитрификации и денитрификации зависит прежде всего от климатических факторов. Важнейшим из них является степень насыщения почвы влагой.

SUMMARY

The aim of the present work is the determination of the nitrifying and denitrifying properties of soils of the Białowieża Wild and the finding of causes, which are deciding in those processes of forest soils.

The material, it is the total number of 236 samples, was collected in the Summer and Autumn 1949 and in the Spring 1950. In each habitat the samples were taken from 5 profiles at a separating distance of 50 m. The habitats are marked on the map I. From each profile 2 samples were taken: „a“ from a surface-humus layer at the depth of 5—10 cm and „b“, from a mineral layer, at the depth of 40 cm.

In order to accomplish the aim of the work: 1) the number of nitrifiers present in the soil was determined (by using the dilution method separately for the nitroso and nitrosobacteria, tab. 11) and denitrifiers, (by using the dilution method, tab. 17). 2) The nitrification and denitrification power was determined (Waksman's method, tab. 12 and 18). The intensity of both processes was correlated: a) with physico-chemical properties of the soil, b) with general fertility, c) with the appearance of the *Azotobacter* (the presence of the *Azotobacter* was demonstrated by the Winogradsky—Ziemiecka's method „spontaneous culture“ method (tab. 13); d) with the floristic set of the examined habitat, 4) The dependence of those processes on the seasons of the year was determined.

Investigations on the physico-chemical properties of the soil were limited to the determination of: 1) humidity (tab. 1 and 2), temperature (tab. 3), pH in distilled water (potentiometrically, tab. 4), the number of exchangeable alkalies of the sorptive complex and the saturation of the exchangeable alkalies (Kappen's method, tab. 9), 5) the content of organic compounds, (tab. 5), 6) total nitrogen and ammonia nitrogen (Kjeldahl's method, tab. 6 and 7), 7) nitrates (Langen's method, tab. 8), 8) assimilable phosphorus (Kirsnow's method, tab. 10). The results of investigations can be summarized in the following points:

1) On the terrains of the Białowieża National Park two groups of forests can be microbiologically discerned: one characterized by undoubtedly nitrifying soils, and the second one, actually deprived of nitrifiers. To the first group belong all leafed forests, to the second pine forests and peat bogs.

2) The number of nitrifiers, which were found and the intensity of the process of nitrification is in the soils of the examined terrain less-intense than in the cultivated soils. The number of nitrifiers and the intensity of the nitrification process in the soils of leafed forests is the greatest in the humus layer of the soil. In pine forests an insignificant nitrification was found only in 20% of samples from the mineral layer, collected in Summer. The most intense nitrification revealed (ols) *Fraxineto Alnetum*, a milder one *Querceto—Carpinetum* (grond), and still milder *Pseudo—Quercetum* (pseudo-dąbrowa).

3) On the intensity of nitrification decided various factors, on which fertility of the soil was conditioned, then: the amount of nitrogen, exchangeable cation's, the reaction of the soil and its aeration dependent on the degree of humidity, assimilable phosphorus and saturation with alkalies. The intensity of the process of nitrification may in view of this be an indication of fertility of the forest soil.

More intense nitrification of the superficial layers can be explained by a better aeration of the soil and a larger number of sources of ammonia. On the whole, soil of habitats of a less acid reaction is nitrified more energetically. No distinct dependence of the reaction of the soil to the intensity of nitrification was proved.

In less fertile soils and more acid ones a relative greater number of nitrifiers of the I phase, than of the II phase was found.

Liquid Winogradsky's medium for nitrifiers appeared very useful for the examination of the nitrification of forest soils. The acidifying of the medium has a negative effect on the course of nitrification both in the forest soil as also in the cultivated one (tab. 15).

4) The author's investigations suggested the presence of special factors inhibiting nitrification. The phanerosis of their activity was connected with the acid reaction of the soil and insufficient aeration. The inhibition was most markedly accented in the humus layer of the soil (tab. 16). It should be presumed that the activity of various soil microorganisms play a considerable role in the production of inhibitory factors.

The lack of nitrification processes in pine forests was observed jointly with the occurrence of *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* and a close cover of moss, interfering with aeration.

5) The *Azotobacter* occurs only in most intensely nitrifying samples, in the most fertile ones. The presence of this organism in the forest soil is an evidence of its high fertility (tab. 13).

6) The denitrification process was most intense in most markedly nitrifying soils, and the least intense in not nitrifying samples of soils.

The following factors decided on the intensity of the denitrification process: the number of organic compounds, fertility and reaction of the soil and the degree of saturation with water.

The participation of fungi in the processes of denitrification was demonstrated.

7) The periodicity of both the denitrification and nitrification processes is first of all dependent on climatic factors. The saturation of the soil with water (tab. 14 and 18) appeared among them to be the most important factor.

35 16/

C

[Faint, illegible text from the reverse side of the page, appearing as bleed-through.]