ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
VOL. XXV — NR 2
1956

Z badań bakteriologicznych nad ściółką i glebą lasu bukowego

Bacteriological researches on the litter and beech wood soil

J. STABROWSKA

Niniejsza praca jest częścią pracy zespołowej, podjętej w celu wszechstronnego zbadania rezerwatu lasu bukowego w Muszkowicach (woj. wrocławskie).

Dotychczas niewiele zajmowano się zagadnieniem procesów fizjologicznych zachodzących w glebach leśnych.

Feher D. (1933) w swej pracy nad mikroflorą gleb leśnych stwierdził, że w glebach tych występuje względnie mała ilość bakterii w stosunku do gleb uprawnych i zwrócił uwagę, że intensywność procesów bakteryjnych uzależniona jest od ilości światła przechodzącego przez korony drzew. Stapp C. i Bortels H. (1934) zakreślili plan badania mikrobiologicznego nad rozkładem ściółki leśnej, a w niej dokładnie opracowali bakterie z rodzaju *Cytophaga*. Zagadnieniem nitryfikacji zajmowali się Migula W. (1900), Schoenbrun B. (1922), Lemmermann O. i Wichers L. W. (1920), Michniewicz M. (1951) i inni. Schoenbrun w swych badaniach stwierdził, że proces nitryfikacji przebiega najintensywniej na wiosnę, a w miesiącach zimowych najsłabiej. Michniewicz także zanotował w swych badaniach na glebach Białowieskiego Parku Narodowego, że okresowość procesów zarówno nitryfikacji, jak i denitryfikacji zależy przede wszystkim od czynników klimatycznych. Miszustin E. N. (1954) w swych badaniach zauważył, że natężenie procesów bakteryjnych gleby można do pewnego stopnia charakteryzować bogactwem jej mikroflory, która jest ściśle związana z przemianą substancji organicznych w glebie. Według tego autora nie wytwarzające zarodników bakterie rozkładają świeże szczątki organiczne, a bardziej rozłożone substancje organiczne zostają w zasadzie przerobione przez bakterie zarodnikowe.

CHARAKTERYSTYKA TERENU I CEL PRACY

Szczegółowy opis badanego terenu znajduje się w pracy prof. S. Macko (1954). Ograniczono się tutaj tylko do krótkiej charakterystyki badanego terenu.

Rezerwat lasu bukowego rozciąga się na grzędzie opadającej dosyć stromo ku dolinie strumienia. Sam grzbiet grzędy graniczy z polem i jest prawie pozbawiony ściółki, ponieważ opadające liście są zwiewane w głąb lasu.

Zbocze grzędy, na którym zwarcie rosną stare buki przeplatane z rzadka przez inne drzewa, pokrywa gruba warstwa ściółki. Po usunięciu zwartej warstwy suchych liści można wyróżnić cztery warstwy. Warstwę pierwszą stanowi właściwa ściółka, złożona z mniej lub więcej rozłożonych liści, zachowujących swe cechy morfologiczne. Drugą warstwą jest gleba próchniczna, bogata w resztki roślinne, takie jak drobne gałązki i owoce, ale bez liści. Następnie wyróżniono glebę próchniczną (warstwa III), nie zawierającą resztek roślinnych, a pod nią glebę o małej zawartości próchnicy, różniącą się żółtawym zabarwieniem od warstw poprzednich (warstwa IV). Grubość każdej warstwy waha się w granicach 5 cm do 10 cm.

W dolinie strumienia drzewa rosną rzadziej, większa jest wilgotność terenu i bujniejszy rozwój roślin zielnych. Tu warstwa ściółki właściwej (warstwa I) jest bardzo cienka, nie przekracza 2 cm i styka się bezpośrednio z glebą próchniczną (warstwa II odpowiadająca warstwie III ze zbocza grzędy), ubogą w resztki roślinne, sięgającą w głąb do 25 cm. Poniżej wyróżniono warstwę III, odpowiadającą warstwie IV ze zbocza grzędy, glebę o jaśniejszym zabarwieniu i gliniastej konsystencji. We wszystkich warstwach, a najwięcej w warstwie trzeciej, występuje wapno w postaci różnej wielkości grudek.

Ponieważ w glebie leżącej pod ściółką zaznaczały się wyraźnie warstwy różniące się ilością i stopniem rozkładu substancji organicznej, pobierano próbki z różnych warstw w celu uchwycenia różnic w występowaniu i działalności bakterii. Badania procesów fizjologicznych, wywoływanych przez bakterie w ściółce i glebie, były prowadzone z myślą, że zorientują one, w jakim stopniu bakterie biorą udział w procesie mineralizacji ściółki, procesie bardzo ważnym ze względu na rośliny wyższe.

Różne warunki na zboczu grzędy i w dolinie strumienia spowodowały różnice w składzie i w szybkości rozkładu ściółki. Wobec tego pobierano próbki do analizy ze zbocza grzędy i z doliny strumienia w celu zbadania, jak te różnice odbijają się na ilości i działalności bakterii.

Wreszcie trzecim zagadnieniem tej pracy był wpływ zmian pór roku na rozmieszczenie i działalność bakterii w wyróżnianych warstwach na obu terenach.

Próbki do analizy pobierano z wyżej wymienionych warstw w odstępach mniej więcej dwumiesięcznych, ze zbocza grzędy od 23.XI.1951 r. do 19.XI.1953 r., a w dolinie strumienia od 13.II.1953 r. do 19.XI.1953 r.

METODYKA BADAŃ

Dla charakterystyki podłoża przeprowadzono częściowo analizy chemiczne.

Suchą masę gleby oznaczano przez suszenie do stałej wagi w 105°C. Substancję organiczną określano przez spalenie w piecu elektrycznym (w 800°C). Przy czym za substancję organiczną przyjęto różnicę między wagą suchej masy a pozostałością po spaleniu. Przy glebach wapiennych uwzględniano zawartość węglanu wapnia. Kwasotę aktualną oznaczano metodą kolorymetryczną. Zawartość węglanu wapnia określano kaliaparatem. Węglowodany ulegające hydrolizie w 8% kwasie solnym w ciągu trzech godzin na łaźni wodnej określano metodą Bertranda. Błonnik oznaczano za pomocą metody, podanej przez A. Biełoziersk iego i N. Proskuriakowa (1951). Metodą Kjeldahla oznaczano azot całkowity, a w wyciągu wodnym po strąceniu metodą Stutzera-Barnsteina azot rozpuszczalny. Ilość dwu oznaczeń potraktowano jako azot białkowy. Kwasy huminowe oznaczano metodą stosowaną przez S. Krzemieniewskiego (1908).

Próbki do badań bakteriologicznych z poprzednio wymienionych warstw pobierano do sterylnych słoików. Jednak nie brano ich do tych badań z warstw pierwszych tak ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia, ponieważ warstwy te złożone z nierozłożonych resztek roślinnych nie pozwalały na dokładne wzięcie średniej próby.

Ogólne ilości bakterii oznaczano metodą płytkową. Dla bakterii stosowano jako pożywkę wyciąg mięsny (wg Fehera) z 1,5% agarem lub 10% żelatyną. Wymienione pożywki zaszczepiano rozcieńczoną zawiesiną badanej gleby. Zawiesinę przygotowywano z 5 g badanej gleby, zalanej 500 ml wysterylizowanej wody wodociągowej i dokładnie mieszanej przez jedną godzinę w poziomym aparacie do wytrząsania. Jeden ml w ten sposób otrzymanej zawiesiny odpowiada 1/100 g badanej gleby. Do roztopionej i ostudzonej do 40°C pożywki agarowej lub żelatynowej dodawano 1 ml badanej zawiesiny i dokładnie wymieszaną zawartość (15 ml pożywki + 1 ml zawiesiny) wylewano na wysterylizowane szalki Petriego.

Dla bakterii beztlenowych uzyskiwano warunki beztlenowe przykrywając pożywkę z zawiesiną dnem odwróconej pokrywki i parafinując brzegi.

Ilość bakterii zarodnikowych oznaczano za pomocą pasteryzacji rozcieńczeń gleby przed ich wysiewem na płytki (w temp. 80°C przez 15 minut).

Płytki agarowe trzymano w temp. 27°C, a płytki żelatynowe — w temperaturze pokojowej. W ciągu 5 dni kontrolowano pojawiające się kolonie na płytkach żelatynowych, a kolonie wyrośnięte na płytkach agarowych obliczano po 2 tygodniach. Znalezione ilości bakterii przeliczano na 1 gram suchej masy gleby i w tablicy 2 i 3 podano średnie z trzech równoległych powtórzeń.

Do określania działalności fizjologicznych grup bakterii stosowano pożywki wybiórcze. Nie wyosobniając czystych kultur oznaczano intensywność procesów wiązania molekularnego azotu, nitryfikacji, denitryfikacji, rozkładu białka oraz rozkładu celulozy.

Dla kultur wiążących wolny azot stosowano płynną pożywkę Beijerincka z mannitem jako źródłem węgla. Erlenmayerki z 100 ml sterylnej pożywki zakażano 10 g badanej gleby i trzymano w temp. 27°C. Po 5 dniach hamowano rozwój bakterii, dodając do każdej próby po 1 ml stężonego kwasu siarkowego, a następnie oznaczano przyrost azotu metodą Kjeldahla i przeliczano na 1 gram suchej masy badanej gleby.

Intensywność nitryfikacji oznaczano w 50 ml pożywki płynnej Winogradskiego z siarczanem amonowym jako źródłem azotu i zakażonej 5 g badanej gleby. W temperaturze hodowli 27°C oznaczano czas pojawiania się azotynu metodą Grissa i azotanu — brucyną.

Dla denitryfikatorów użyto pożywkę z azotanem potasu jako źródłem azotu i sacharozą jako źródłem węgla. Po 5 dniach oznaczano ubytek azotu metodą Kjeldahla.

Dla bakterii rozkładających białko stosowano wodę wodociągową z preparatem Albumen ovi siccum (E. M e r c k, Darmstadt). Do 70 ml wody wodociągowej dodawano 70 mg albuminy i szczepiono 1 g badanego materiału. Po 2 tygodniach, po uprzednim dodaniu tlenku magnezu i oddestylowaniu amoniaku, pozostałą ilość azotu oznaczano metodą Kjeldahla. Z różnicy, pomiędzy azotem w próbce kontrolnej a azotem w próbce zakażonej, określano ubytek azotu spowodowany przez bakterie amonifikacyjne i przeliczano na białko.

Dla bakterii rozkładających celulozę stosowano pożywkę Hutchinsona, a jako źródła węgla dodawano na każde 100 ml pożywki 100 mg skrawków czystej celulozy (bibuły filtracyjnej wygotowanej najpierw w 1,25% kwasie solnym, następnie przemytej dokładnie wodą destylowaną i wy-

gotowanej w 1,25% wodorotlenku sodu). Pożywkę tę szczepiono 10 ml zawiesiny, odpowiadającej 1/10 g badanej gleby. Po upływie jednego miesiąca odsączano pożywkę, a skrawki celulozy wysuszano w temp. 105°C i ważono. Różnice pomiędzy wagą celulozy znajdującej się w kolbie kontrolnej a celulozy pozostałej w kulturze dają ubytek celulozy rozłożonej przez bakterie.

WYNIKI ANALIZ CHEMICZNYCH

Ze względu na małe odchylenia w ilości i składzie substancji organicznej w różnych próbkach w zależności od pory roku oraz na nie dający się uchwycić wpływ ich na występowanie i działalność bakterii podano w tabeli 1 tylko średnie wartości oznaczeń chemicznych.

Jak wynika z zestawienia analiz chemicznych ściółki i gleby, zasadniczą różnicą między zboczem grzędy a doliną strumienia jest zawartość węglanu wapnia.

Na zboczu grzędy gleba nie zawiera w ogóle węglanu wapnia, odczyn jej jest mniej lub więcej kwaśny i waha się w granicach od pH 4,0 do pH 7,0, przy czym warstwa I jest prawie obojętna (średnio pH 7,0). Trzy pozostałe warstwy są słabo kwaśne, których pH jest około 5.

Gleba z doliny strumienia posiada dużo węglanu wapnia, który występuje tu w różnej wielkości grudkach. Ilość węglanu wapnia na tym terenie zwiększa się z głębokością — w warstwie I znaleziono średnio 25,6%, w warstwie II — 35,9%, a w warstwie III — 56,1%. Pomimo dużej zawartości wapna we wszystkich warstwach z tego terenu jest prawie obojętny odczyn (średnio pH 6,6 do pH 7,2).

Dolina strumienia jest wilgotniejsza niż zbocze grzędy, szczególnie w warstwach głębszych. Na zboczu grzędy procentowa zawartość wody obniża się wyraźnie ze wzrostem głębokości. W ciągu roku w dwóch warstwach pierwszych tak ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia są duże wahania w zawartości wody (na zboczu grzędy w warstwie I — 42,3% do 65,6%, w warstwie II — 41,3% do 59,7%, w dolinie strumienia w warstwie I — 33,4% do 77,1%, w warstwie II — 22,4% do 54,6%). W warstwie trzeciej (10,1% do 29,9%) i czwartej (6,6% do 15,8%) ze zbocza grzędy i w warstwie trzeciej (26,0% do 37,4%) z doliny strumienia wahania są słabsze.

Najwięcej substancji organicznej zawierają warstwy pierwsze tak ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia. W ściółce właściwej ze zbocza grzędy wykryto więcej substancji organicznej (średnio 83,1%) niż w ściół-

Tabela 1 — Table 1
Charakterystyka chemiczna ściółki i gleby
Chemical characters of the litter and soil

	Zbocze grzędy The slope of the hill				Dolina strumienia The valley of the stream		
Warstwy Strata	I	II	III	IV	I	II	III
Procentowa zawartość wody w s.m. Percentage of water in d.m.	42,3-65,6	41,3-59,7	10,1-29,9	6,6-15,8	33,4-77,1	22,4-54,6	26,0-37,4
% $CaCo_3$ w s.m. % of $CaCo_3$ in d.m.	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6	35,9	56,1
pH	5,0-7,0	4,6-6,0	4,0-5,8	4,4-5,6	6,6-6,8	6,8-7,0	6,8-7,2
% subst. organicznej w s.m. % of organic substance in d.m.	83,1	46,5	15,9	3,4	52,1	17,1	8,7
% węglowodanów hydroliz. w 8% HCl w. s. m. — % of carbohydr. hydrol. in 8% HCl in d. m.	11,2	5,2	2,1	0,2	7,3	2,3	0,6
% błonnika w s. m. % of cellulose in d. m.	5,8	2,4	0,8	0,3	3,6	0,5	0,3
% błonnika w s. org. % of cellulose in organic substance	7,0	5,5	5,0	8,8	6,9	2,1	3,6
% azotu w s. m. % of nitrogen in d. m.	1,8	1,4	0,5	0,1	1,2	0,5	0,2
% azotu białka w s. m. % of albuminus nitrogen in d. m.	1,6	1,4	0,5	0,1	1,2	0,5	0,2
% azotu białka w azocie całkowit. % of albuminous nitrogen in total nitrogen	91,3	95,2	95,6	91,6	94,6	95,3	93,7
% kw. huminowych w s. m. % of huminic acids in d. m.	10,5	7,4	3,9	0,5	4,2	1,1	0,6
% kw. huminowych w sub. organ. % of huminic acids in org. substance	12,6	16,3	24,5	14,7	8,1	6,4	6,9

ce z doliny strumienia (średnio 52,1%). Ilość substancji organicznej na obu terenach wyraźnie zmniejsza się wraz ze wzrostem głębokości. W warstwie III z doliny strumienia znaleziono średnio 8,7%, a w warstwie IV ze zbocza grzędy — tylko 3,4% substancji organicznej.

Ilość węglowodanów ulegających hydrolizie w 8% kwasie solnym także maleje w miarę wzrostu głębokości i w glebie na obu terenach spada prawie do zera. Ściółka na zboczu grzędy tych węglowodanów zawiera średnio 11,2%, a ściółka z doliny strumienia — średnio 7,3%.

Procentowa zawartość błonnika w suchej masie zmniejsza się z głębokością jednakowo na obu terenach i w warstwie IV ze zbocza grzędy i w warstwie III z doliny strumienia stwierdzono go zaledwie 0,3%. Ilość błonnika w substancji organicznej na zboczu grzędy w warstwie I wynosi średnio 7,0%, następnie opada ona w warstwie II do 5,5% i w warstwie III utrzymuje się mniej więcej na tym samym poziomie, a dopiero w warstwie IV zwiększa się wyraźnie (średnio 8,8%). W dolinie strumienia zawartość błonnika w substancji organicznej w warstwie I wynosi średnio 6,9%, w warstwie II spada do 2,1%, a w warstwie III zwiększa się do 3,6%.

Wspólną cechą wszystkich warstw, niezależnie tak od ich pochodzenia, jak od ilości i stanu rozkładu materiału organicznego, jest duża zawartość azotu białkowego wynosząca średnio 91,3% do 95,6% azotu całkowitego, co wskazuje na brak azotu łatwo przyswajalnego.

Ilość kwasów huminowych w suchej masie również maleje z głębokością, a także ze zmniejszeniem się substancji organicznej i w warstwie IV ze zbocza grzędy oraz w warstwie III z doliny strumienia znaleziono ich około 0,5%. Na zboczu grzędy w ściółce zawierającej bardzo słabo rozłożone liście buka ilość kwasów huminowych w substancji organicznej wynosi średnio 12,6%. W II warstwie z tego terenu zawartość kwasów huminowych zwiększa się (średnio 16,3%), w warstwie III wzrasta ona do 24,5% i w warstwie IV, o małej ilości substancji organicznej, ponownie opada ona do zawartości zbliżonej w dwóch pierwszych warstwach (średnio 14,7%). W dolinie strumienia w ściółce zawierającej przewagę słabo rozłożonych roślin zielnych ilość kwasów huminowych w substancji organicznej wynosi średnio 8,1%, która zmniejsza się w warstwie II do 6,4% i utrzymuje się mniej więcej na tym samym poziomie w warstwie III (średnio 6,9%).

Z powyższego zestawienia wynika, że rozkład błonnika i kwasów huminowych jest intensywniejszy w dolinie strumienia niż na zboczu grzędy. Wskazuje to, że jakość materiału ściółki wpływa na szybkość jej mineralizacji.

Tabela 2 — Table 2

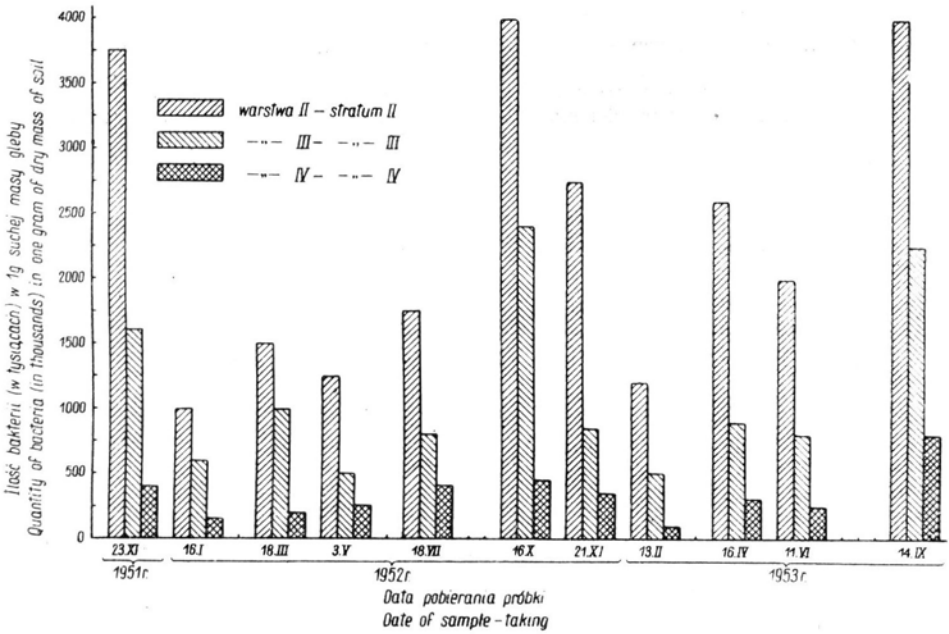
Ilość bakterii (w tysiącach) w 1 g suchej masy gleby ze zbocza grzędy w zależności od pory roku

Quantity of bacteria (in thousands) in one gram of dry mass of soil in dependence of the season of the year

Warstwy Strata / Data Date	Bakterie tlenowe Aerobic bacteria			Bakterie beztlenowe Anaerobic bacteria			Bakterie zarodnikowe Spore-forming bacteria			Bakterie rozkładające żelatynę Bacteria decomposing gelatine		
	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV
23. XI. 51 r.	3750	1600	400	450	650	500	800	750	200	1750	1250	600
16. I. 52 r.	1000	600	150	200	400	350	500	450	100	1000	700	400
18. III. 52 r.	1500	1000	200	360	500	380	750	500	100	1250	800	600
3. V. 52 r.	1250	500	250	200	350	330	500	300	100	850	750	400
18. VII. 52 r.	1750	800	400	150	280	175	750	400	250	1100	850	420
16. X. 52 r.	4000	2400	450	600	800	650	800	800	300	1900	1250	650
21. XI. 52 r.	2750	850	350	550	750	600	680	550	200	1200	800	500
13. II. 53 r.	1200	500	100	200	400	350	550	300	100	1100	700	400
16. IV. 53 r.	2600	900	300	650	750	650	770	500	150	1500	1200	650
11. VI. 53 r.	2000	800	250	300	400	350	750	400	125	1000	1000	450
14. IX. 53 r.	4000	2250	800	400	500	400	825	850	400	2000	1500	600

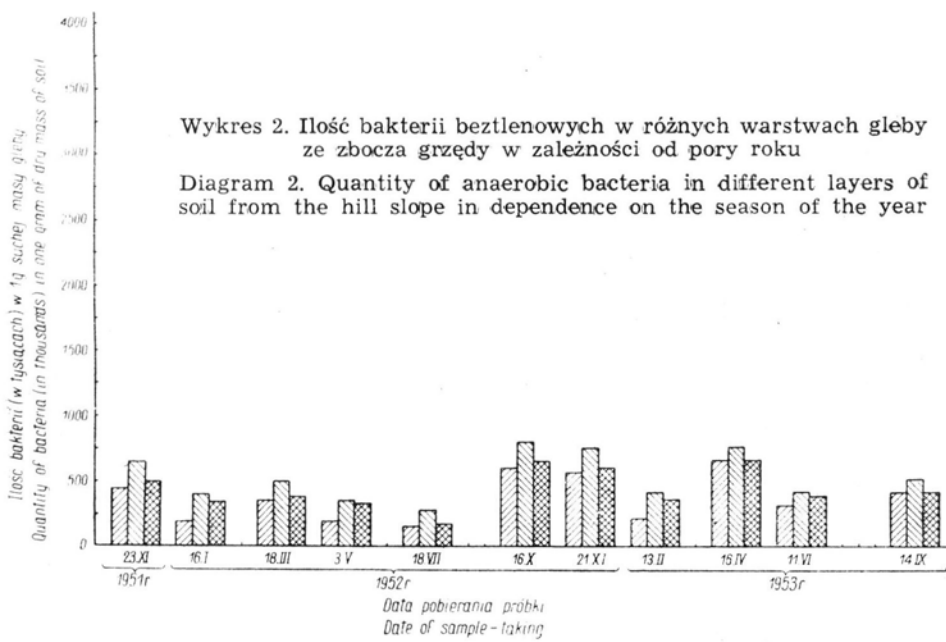
WYNIKI ANALIZ BAKTERIOLOGICZNYCH

Ilość bakterii (tlenowych, beztlenowych, zarodnikowych i rozkładających żelatynę) w 1 gramie suchej masy gleby ze zbocza grzędy przedstawiono na tabeli 2 i wykresach 1, 2, 3 i 4, a z doliny strumienia — na tabeli 3. W próbkach pobranych w jednakowym czasie stwierdzono, że ilość bakterii w glebie z doliny strumienia jest większa od ilości bakterii w odpowiednich warstwach gleby ze zbocza grzędy. Rozwój bakterii w glebie ze zbocza grzędy prawdopodobnie jest zahamowany przez kwaśny odczyn gleby, sprzyjający raczej rozwojowi grzybów. Jednak w glebie tak ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia znajduje się względnie mała ilość bakterii w stosunku do ilości bakterii w glebach uprawnych. Podobny stan stwierdził Feher D. (1933) w swych badaniach nad mikroflorą gleb leśnych. Ilość bakterii tak w glebie ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia zmniejsza się z głębokością. Przeprowadzone analizy bakteriologiczne w ciągu dwóch lat przekonały, że wpływ zmian klimatycznych w obu latach odbija się jednakowo na rozmieszczenie bakterii we wszystkich warstwach gleby ze zbocza grzędy. Przebieg roczny występowania bakterii w glebie ze zbocza grzędy i z doliny strumienia ma charakter periodyczny. W górnych warstwach na obu terenach w cią-



Wykres 1. Ilość bakterii tlenowych w różnych warstwach gleby ze zbocza grzędy w zależności od pory roku

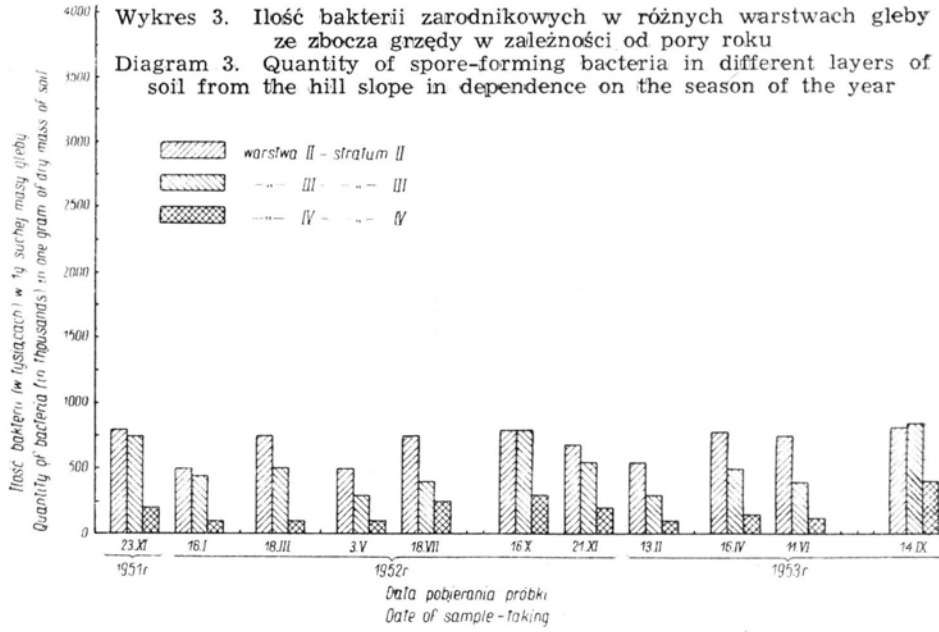
Diagram 1. Quantity of aerobic bacteria in different layers of soil from the hill slope in dependence on the season of the year

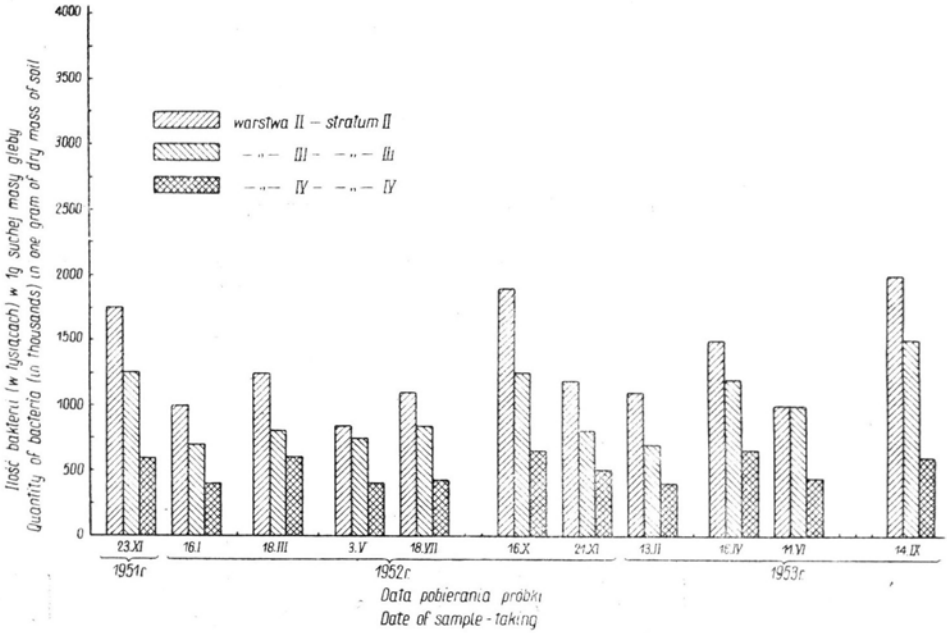


Wykres 2. Ilość bakterii beztlenowych w różnych warstwach gleby ze zbocza grzędy w zależności od pory roku

Diagram 2. Quantity of anaerobic bacteria in different layers of soil from the hill slope in dependence on the season of the year

Wykres 3. Ilość bakterii zarodnikowych w różnych warstwach gleby ze zbocza grzędy w zależności od pory roku
Diagram 3. Quantity of spore-forming bacteria in different layers of soil from the hill slope in dependence on the season of the year





Wykres 4. Ilość bakterii rozkładających żelatynę w różnych warstwach gleby ze zbocza grzędy w zależności od pory roku
Diagram 4. Quantity of bacteria decomposing gelatine in different layers of soil from the hill slope in dependence on the season of the year

Tabela 3 — Table 3

Ilość bakterii (w tysiącach) w 1 g suchej masy gleby z doliny strumienia w zależności od pory roku

Quantity of bacteria (in thousands) in one gram of dry mass of soil from the stream valley in dependence on the season of the year

Warstwy — Strata / Data — Date	Bakterie tlenowe Aeorobic bacteria		Bakterie beztlenowe Anaeorobic bacteria		Bakterie zarodnikowe Spore-forming bacteria		Bakterie rozkładające żelatynę Bacteria decomposing gelatine	
	II	III	II	III	II	III	II	III
13. II. 53 r.	2500	1100	600	350	900	500	1900	1300
16. IV. 53 r.	10750	8000	1000	700	6500	2450	8900	4800
11. VI. 53 r.	7000	4300	800	500	2100	1100	4000	2250
14. IX. 53 r.	8000	6900	950	600	3600	2550	7900	4650

gu roku występują duże wahania w ilości bakterii, natomiast w warstwie IV ze zbocza grzędy i w warstwie III z doliny strumienia ilości bakterii w ciągu roku nie ulegają dużym odchyleniom.

We wszystkich warstwach gleby ze zbocza grzędy we wrześniu, październiku i listopadzie znaleziono największą ilość bakterii tlenowych (w warstwie II — 2 750 tys. do 4 000 tys., w warstwie III — 850 tys. do 2 400 tys., w warstwie IV — 350 tys. do 800 tys.), a w dolinie strumienia we wrześniu zwiększa się wzrost bakterii po względnie słabym rozwoju czerwcowym, ale nie osiąga maksymalnej wartości (w warstwie II — 8 000 tys., w warstwie III — 6 900 tys.). Maksymalny wzrost bakterii tlenowych we wszystkich warstwach gleby z doliny strumienia stwierdzono w kwietniu (w warstwie II — 10 750 tys., w warstwie III — 8 000 tys.), natomiast na zboczu grzędy w marcu i kwietniu wyraźnie zwiększa się ilość tych bakterii po najsłabszym rozwoju zimowym, ale nie osiąga maksimum (w warstwie II — 1 500 tys. do 2 600 tys., w warstwie III — 900 tys. do 1 000 tys., w warstwie IV — 200 tys. do 300 tys.). Najmniejszą ilość bakterii tlenowych we wszystkich warstwach gleby ze zbocza grzędy stwierdzono w styczniu i lutym (w warstwie II — 1 000 tys. do 1 200 tys., w warstwie III — 500 tys. do 600 tys., w warstwie IV — 100 tys. do 150 tys.) i także w lutym we wszystkich warstwach gleby z doliny strumienia (w warstwie II — 2 500 tys., w warstwie III — 1 100 tys.). W czerwcu we wszystkich warstwach na obu terenach rozwój bakterii tlenowych jest nieco osłabiony po silnym rozwoju wiosennym.

Rozwój bakterii beztlenowych przebiega nieco inaczej niż bakterii tlenowych. Rozwój ich w miarę głębokości wykazuje mniejsze wahania

niż rozwój bakterii tlenowych. Wpływ zmian klimatycznych ujawnia się równomiernie w wymienionych warstwach na obu terenach. Minimum występowania tych bakterii w glebie ze zbocza grzędy stwierdzono w miesiącach zimowych (w warstwie II — 200 tys., w warstwie III — 400 tys., w warstwie IV — 350 tys.), a także w dolinie strumienia w lutym wystąpiło minimum (w warstwie II — 600 tys., w warstwie III — 350 tys.). Maksimum rozwoju bakterii beztlenowych w glebie ze zbocza grzędy w miesiącach wiosennych i jesiennych jest mniej więcej jednakowe i nie tak wybitne (w warstwie II — 360 tys. do 650 tys., w warstwie III — 500 tys. do 800 tys., w warstwie IV — 380 tys. do 650 tys.). Podobny przebieg zanotowano w dolinie strumienia w kwietniu i wrześniu (w warstwie II — 950 tys. do 1 000 tys., w warstwie III — 600 tys. do 700 tys.). W czerwcu rozwój bakterii beztlenowych na obu terenach wyraźnie zmniejsza się po maksymalnym wzroście wiosennym.

Występowanie bakterii zarodnikowych na obu terenach w ciągu roku jest zgodne z przebiegiem występowania bakterii tlenowych, lecz nie wykazuje tak znacznych wahań. Miszustin E. N. (1954) także zauważył, że ilość bakterii tlenowych w glebie zależy od warunków pogody i ulega silnym wahaniom w poszczególnych porach roku, natomiast ilość form zarodnikowych wykazuje znacznie wyrównaną dynamikę roczną i dlatego można je stosować jako wskaźnik typu i stanu gleby. W przebiegu rocznym, tak samo jak i przy bakteriach tlenowych, wyróżniono najmniejszą ilość bakterii zarodnikowych w zimie (na zboczu grzędy w warstwie II — 500 tys. do 550 tys., w warstwie III — 300 tys. do 450 tys., w warstwie IV — 100 tys., a w dolinie strumienia w warstwie II — 900 tys., w warstwie III — 500 tys.). Na zboczu grzędy duże maksimum występowania tych bakterii zanotowano w jesieni (w warstwie II — 680 tys. do 825 tys., w warstwie III — 550 tys. do 850 tys., w warstwie IV — 200 tys. do 400 tys.) i małe maksimum — na wiosnę (w warstwie II — 750 tys. do 770 tys., w warstwie III — 500 tys., w warstwie IV — 100 tys. do 150 tys.) i odwrotnie w dolinie strumienia — duże maksimum w kwietniu (w warstwie II — 6 500 tys., w warstwie III — 2 450 tys.) i małe maksimum — we wrześniu (w warstwie II — 3 600 tys., w warstwie III — 2 550 tys.).

Występowanie bakterii rozkładających żelatynę w przebiegu rocznym jest podobne do występowania wyżej wymienionych grup bakterii. Największa ilość bakterii rozkładających żelatynę w dolinie strumienia występuje w kwietniu (w warstwie II — 8 900 tys., w warstwie III — 4 800 tys.), a na zboczu grzędy — w miesiącach jesiennych (w warstwie II — 1 200 tys. do 2 000 tys., w warstwie III — 800 tys. do 1 500 tys., w warstwie IV — 600 tys. do 650 tys.), a w dolinie potoku — we wrześniu (w warstwie II — 7 900 tys., w warstwie III — 4 650 tys.). W czerw-

cu we wszystkich warstwach na obu terenach po wzmożonym rozwoju kwietniowym tych bakterii następuje pewne obniżenie ich ilości (na zboczu grzędy w warstwie II — 1 000 tys., w warstwie III — 1 000 tys., w warstwie IV — 450 tys., a w dolinie strumienia w warstwie II — 4 000 tys., w warstwie III — 2 250 tys.).

Z powyższego omówienia analiz bakteriologicznych wynika, że w glebie ze zbocza grzędy w rozwoju bakterii występuje duże maksimum jesienne i małe wiosenne, zaś w dolinie strumienia panują stosunki odwrotne — jest duże maksimum kwietniowe i małe maksimum wrześniowe. Minimum zimowe ujawnia się jednakowo tak dla gleby ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia.

Znalezione w rezerwacie lasu bukowego w Muszkowicach maksymalne ilości bakterii są zgodne z analogicznymi, okresowymi maksymalnymi ilościami bakterii, stwierdzonymi przez M. Hopf (1950). Otrzymane wyniki natomiast nie są zgodne czasowo z maksymalnym występowaniem bakterii w glebach leśnych, badanych przez D. Fehera (1933).

Tabela 4 — Table 4

Intensywność wiązania molekularnego azotu (w mg) w 1 g suchej masy gleby w zależności od pory roku

Intensity of the molecular nitrogen fixation (in mg) in one gram of dry mass of soil in dependence on the season of the year

Warstwy / Strata — Data / Date	Zbocze grzędy The slope of the hill			Dolina strumienia The valley of the stream	
	II	III	IV	II	III
21. XI. 52 r.	1,54	0,20	0,10		
13. II. 53 r.	0,19	0,10	0,00	0,91	0,34
16. IV. 53 r.	4,90	2,92	1,95	5,11	3,35
11. VI. 53 r.	0,90	0,80	0,45	2,20	0,90
14. IX. 53 r.	2,11	0,90	0,50	3,15	1,16
19. XI. 53 r.	1,00	0,25	0,10	1,43	0,75

W glebie lasu bukowego stwierdzono maksimum rozwoju bakterii w miesiącach jesiennych i wiosennych, podczas gdy badacz ten w październiku zanotował pewien spadek ilości bakterii. Feher znalazł maksymalną ilość bakterii w miesiącach letnich, natomiast w glebie lasu bukowego w czerwcu stwierdzono pewien spadek ilości bakterii. Minimum zimowe rozwoju bakterii w glebie lasu bukowego jest zgodne z wynikami D. Fehera (1933) i M. Hopf (1950).

PROCESY FIZJOLOGICZNE

Rezultaty doświadczeń nad wiązaniem molekularnego azotu są zebrane w tabeli 4. Jak wynika z zestawienia analiz, w lutym proces wiązania atmosferycznego azotu w glebie ze zbocza grzędy jest prawie zahamowany (w warstwie II — 0,19 mg, w warstwie III — 0,1 mg, w warstwie IV — 0,0 mg azotu), a w glebie z doliny strumienia proces ten przebiega bardzo słabo (w warstwie II — 0,91 mg, w warstwie III — 0,34 mg azotu). W kwietniu intensywność wiązania wolnego azotu jest największa we wszystkich warstwach ze zbocza grzędy (w warstwie II — 4,90 mg, w warstwie III — 2,92 mg, w warstwie IV — 1,95 mg azotu), jak również i z doliny strumienia (w warstwie II — 5,11 mg, w warstwie III — 3,35 mg azotu), następnie natężenie tego procesu na obu terenach znacznie osłabia się w czerwcu, później we wrześniu znowu wzmacnia się ten proces na obu terenach, szczególnie w warstwach górnych i wreszcie w listopadzie proces ten osłabia się tak w glebie ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia.

Tabela 5 — Table 5

Intensywność nitryfikacji w różnych warstwach gleby w zależności od pory roku

Intensity of the nitrification in different layers of soil in dependence on the season of the year

Warstwy / Strata	Zbocze grzędy The slope of the hill						Dolina strumienia The valley of the stream			
	Ilość dni, po których pojawił się—The compound appears in days									
Data / Date	NO_2	NO_3	NO_2	NO_3	NO_2	NO_3	NO_2	NO_3	NO_2	NO_3
	II		III		IV		II		III	
21. XI. 52 r.	19	30	24	—	—	—				
13. II. 53 r.	30	—	—	—	—	—	20	—	—	—
16. IV. 53 r.	3	5	4	7	10	—	2	3	3	7
11. VI. 53 r.	7	15	13	—	27	—	6	13	12	21
14. IX. 53 r.	12	25	23	—	—	—	10	17	19	30
19. XI. 53 r.	20	30	25	—	—	—	15	21	—	—

Jak wynika z tabeli 5, nitryfikacja na zboczu grzędy przebiega słabiej niż w dolinie strumienia. W glebie ze zbocza grzędy proces nitryfikacji jest zahamowany przez kwaśny odczyn gleby i niedostateczną aerację. Jednak w glebie tak ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia proces nitryfikacji na ogół przebiega słabo w stosunku do gleb uprawnych, co zgodne jest z wynikami M. Michniewicza (1951), który stwier-

dził słabą nitryfikację w glebach Białowieskiego Parku Narodowego. Natężenie nitryfikacji na obu terenach jest silniejsze w warstwach górnych niż głębszych. Silniejszą nitryfikację warstw powierzchniowych można tłumaczyć lepszym przewietrzaniem gleby oraz większą ilością źródeł amoniaku. W warstwie czwartej ze zbocza grzędy proces nitryfikacji prawie nie odbywa się w ciągu całego roku. W przebiegu rocznym najsilniejszą nitryfikację na obu terenach zanotowano w kwietniu (na zboczu grzędy w warstwie II — azotyn pojawił się po 3 dniach, a azotan — po 5 dniach, w warstwie III — azotyn pojawił się po 4 dniach, a azotan — po 7 dniach, w warstwie IV — azotyn pojawił się po 10 dniach, a azotan w ogóle nie pojawił się, w dolinie strumienia w warstwie II — azotyn pojawił się po 2 dniach, a azotan — po 3 dniach, w warstwie III — azotyn pojawił się po 3 dniach, a azotan — po 7 dniach). Następnie proces nitryfikacji stopniowo osłabia się w czerwcu, wrześniu, listopadzie i wreszcie w lutym proces ten jest prawie że zahamowany tak na zboczu grzędy, jak i w dolinie strumienia. Wyniki te są zgodne z badaniami B. Schoenbruna (1922), który także stwierdził, że nitryfikacja przebiega najsilniej na wiosnę, a najsłabiej w zimie. W glebie badanego terenu proces nitryfikacji przeważnie kończy się na powstaniu azotynów. Na silniejsze tworzenie się azotynów niż azotanów w glebach leśnych zwrócił już uwagę W. Migula (1900). M. Michniewicz także zauważył, że nitrozobakterie są lepiej przystosowane do egzystowania w złych warunkach środowiska aniżeli nitryfikatory fazy drugiej.

Denitryfikacji nie stwierdzono w glebie ze zbocza grzędy ani też z doliny strumienia. Można to wytłumaczyć brakiem w tych glebach azotanów.

Przeprowadzono także badanie nad szybkością rozkładu białek, rezultaty którego są zebrane w tabeli 6. Ilość rozłożonego białka obliczono na 1 g suchej masy badanej gleby. Jak wynika z zestawienia analiz, najenergiczniejszy rozkład białka zachodzi w kwietniu tak w glebie ze zbocza grzędy (w warstwie II — 85,0 mg, w warstwie III — 72,38 mg, w warstwie IV — 52,13 mg białka), jak i z doliny strumienia (w warstwie II — 129,63 mg, w warstwie III — 60,50 mg białka), który stopniowo osłabia się w czerwcu, wrześniu i listopadzie. W lutym proces rozkładu białka przebiega najsłabiej we wszystkich warstwach gleby ze zbocza grzędy (w warstwie II — 18,13 mg, w warstwie III — 5,63 mg, w warstwie IV — 2,63 mg) i z doliny strumienia (w warstwie II — 19,76 mg, w warstwie III — 10,37 mg białka).

Wyniki doświadczeń nad szybkością rozkładu celulozy przedstawione są w tabeli 7. Proces rozkładu celulozy na ogół jest intensywniejszy

Tabela 6 — Table 6

Intensywność rozkładu białka (w mg) w 1 g suchej masy gleby w zależności od pory roku

Intensity of the decomposition of protein (in mg) in one gram of dry mass of soil in dependence on the season of the year

Warstwy Strata / Data Date	Zbocze grzędy The slope of the hill			Dolina strumienia The valley of the stream	
	II	III	IV	II	III
21 XI 52 r.	27,90	21,49	6,25		
13 II 53 r.	18,13	5,63	2,63	19,76	10,34
16 IV 53 r.	85,00	72,38	52,13	129,63	60,50
11 VI 53 r.	61,50	35,13	25,00	70,00	35,86
14 IX 53 r.	70,07	50,63	35,06	81,67	34,03
19 XI 53 r.	21.36	20,44	5,63	39,44	20,06

Tabela 7 — Table 7

Intensywność rozkładu celulozy (w mg) w różnych warstwach gleby w zależności od pory roku

Intensity of the decomposition of cellulose (in mg) in different layers of soil in dependence on the season of the year

Warstwy Strata / Data Date	Zbocze grzędy The slope of the hill			Dolina strumienia The valley of the stream	
	II	III	IV	II	III
21 XI 52 r.	2,35	2,03	0,88		
13 II 53 r.	1,00	0,64	0,40	2,29	1,75
16 IV 53 r.	5,93	4,75	1,03	8,90	3,20
11 VI 53 r.	7,55	5,29	2,00	9,65	8,50
14 IX 53 r.	3,38	2,92	1,00	5,30	3,21
19 XI 53 r.	2,59	2,21	0,94	3,18	2,54

w glebie z doliny strumienia niż ze zbocza grzędy, jednak na obu terenach zmniejsza się on ze wzrostem głębokości. Najsłabszy rozkład celulozy w glebie ze zbocza grzędy, jak i z doliny strumienia zanotowano w lutym, następnie w kwietniu wyraźnie zwiększa się on na obu terenach i osiąga maksimum w czerwcu. Później we wrześniu i listopadzie proces rozkładu celulozy na obu terenach słabnie.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wpływ zmian klimatycznych ujawnia się równomiernie we wszystkich warstwach gleby ze zbocza grzędy i z doliny strumienia i ma charakter periodyczny.

Na zboczu grzędy występuje duże maksimum rozwoju bakterii w jesieni i małe maksimum — na wiosnę, a w dolinie strumienia odwrotnie: duże maksimum — na wiosnę i małe maksimum — w jesieni. Czasowo różne duże i małe maksima rozwoju bakterii na zboczu grzędy i w dolinie strumienia są odbiciem różnych warunków florystycznych na tych terenach. W dolinie strumienia w marcu i kwietniu występuje bardzo bogaty rozwój runa zielnego, charakteryzujący się masowym kwitnieniem *Galanthus nivalis, Leucojum vernum, Anemone nemorosa* i innych. Na zboczu grzędy w tym okresie dno lasu pokrywa warstwa nierozłożonych liści buka i zaledwie zaznacza się bardzo słaby rozwój z rzadka rozrzuconych okazów *Asperula odorata*. Najsłabszy wzrost bakterii na obu terenach zanotowano w zimie. Wyniki te przemawiają za ścisłym związkiem między rozwojem roślin wyższych a mikroflorą.

Intensywność procesów fizjologicznych, wywołanych przez bakterie, na obu terenach w ciągu roku również ma charakter okresowy.

Proces wiązania molekularnego azotu, nitryfikacji i rozkładu białka na obu terenach przebiega najenergiczniej w kwietniu, a najszybszy rozkład celulozy jest w czerwcu. Wszystkie wyżej wymienione procesy na obu terenach przebiegają najsłabiej w lutym.

Ilość bakterii i natężenie wyżej wymienionych procesów fizjologicznych w glebie ze zbocza grzędy i z doliny strumienia maleje ze wzrostem głębokości, co pozostaje w związku ze zmniejszeniem się substancji organicznej.

Ilość bakterii i działalność ich jest większa w glebie z doliny strumienia niż w glebie ze zbocza grzędy, co przypuszczalnie jest spowodowane obojętnym jej odczynem, większą wilgotnością oraz materiałem ściółki leśnej, korzystniejszym dla rozwoju bakterii.

Denitryfikacji nie stwierdzono ani w glebie ze zbocza grzędy, ani też w glebie z doliny strumienia, co wywołane jest brakiem azotanów.

Pracę wykonano w Zakładzie Fizjologii Roślin im. Emila Godlewskiego. Kierownikowi tego zakładu prof. H. Krzemieniewskiej składam serdeczne podziękowanie za cenne wskazówki w opracowaniu tej pracy. Dziękuję również koledze mgrowi J. Buczkowi za pomoc w przeprowadzaniu analiz chemicznych.

SUMMARY

In the beech wood in Muszkowice (distr. Wrocław) there had been selected two areas on which bacteriological researches on the litter and wood soil were carried out.

The one area has been a hill slope with a thick layer of litter and an acid soil (pH 4,0 to pH 6,0), the other — a stream valley possessing a very thin layer of litter and greater moisture than the hill slopes. The soil from the stream valley in deeper layers has contained more than 50 per cent of calcium carbonate, and its pH has been neutral (pH 6,6 to pH 7,2).

On these areas the samples were taken from various depth and at different times in order to determine the quantities and activities of bacteria in dependence on the depth and the season of the year. The samples for analysis were collected more or less every second month — on the hill slope from 23rd November 1951 to 19th November 1953, and in the stream valley from 19th February 1953 to 19th November 1953.

The total amounts of bacteria were calculated by applying the plate method, and the results obtained are given on the tables 2 and 3. To determine the activity of physiological groups of bacteria the selective media were used, and the results of investigations are shown on tables 4, 5, 6 and 7.

It has been established that the influence of the climatic changes reveals itself equally in all the layers of soil both from the hill slope and from the stream valley, and it is of periodic character.

On the hill slope there occurs the big maximum of bacterial growth in autumn and the small maximum in spring, and in the stream valley reversely — big maximum in spring, and small maximum in autumn. The different as regards time, big and small maxima of the bacterial growth on the hill slope and in the stream valley are the reflection of the various floristic conditions on these areas. In the stream valley there occurs in March and April a very abundant growth of the herbaceous cover with an universal blooming of *Galanthus nivalis, Leucojum vernum, Anemone nemorosa* and other species. On the hill slope at that time a layer of not decayed beech leaves covers the wood ground and there hardly appears any growth of sparsely scattered specimens of *Asperula odorata*. These results prove the existence of close connection between the development of the major plants and microflora. The weakest growth of bacteria was noticed on both areas in winter.

The intensity of physiological processes caused by bacteria on both areas during the year is also of periodic character. The processes of the molecular nitrogen fixation, nitrification and decomposition of the protein on both areas have run most vigorously in April, and the quickest decomposition of cellulose has taken place in June. All these processes have proceeded on both areas most feebly in February.

The quantity of bacteria and the intensity of the above mentioned physiological processes in soil from the hill slope and in that from the stream valley have decreased with the increase of the depth what remains in connection with diminishing organic substance.

The quantity of bacteria and their activity have been greater in the soil from stream valley than in that from hill slope what is connected with neutral pH of the soil, higher humidity as well as the litter material more favourable for bacterial growth.

The denitrification has been noticed neither in the soil from the hill slope nor in that from the stream valley what surely remaines in connection with the lack of nitrates.

LITERATURA

Biełoziersk i A., Proskuriakow N., 1951, Prakticzeskoje rukowodztwo po biochymii rastienij, Moskwa, Sowietskaja Nauka.

Feher D., 1933, Untersuchungen ueber die Mikrobiologie des Waldbodens, Berlin.

Hopf, M., 1950, Arch. f. Mikrob. 14, s. 661—667.

Lemmermann O., Wichers L., 1920, Ueber den periodischen Einfluss der Jahreszeit auf den Verlauf der Nitrifikation, Centralbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 50, 33.

Macko S., 1954, Acta Soc. Bot. Pol., XXIII, 3, s. 519—543.

Migula W., 1900, Beitraege zur Kenntnis der Nitrifikation, Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. 6, s. 365.

Michniewicz M., 1951, Badania nad nitryfikacją i denitryfikacją w glebach Puszczy Białowieskiej, Annales UMSC, sectio C, vol. VI, 2; s. 19—75, Lublin.

Miszustin E. N., 1954, Usp. Sowr. Bioł., XXXVII, 1, s. 1—21.

Schoenbrun, B., 1922, Centralbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 56, s. 545.

Stapp C., Bortels H., 1936, Centralbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 93, s. 45—56.