

Wyniki jednorocznych badań nad wpływem różnych gleb na mikoflorę przy uprawie kupkówki (*Dactylis glomerata* L.)

Results of one year studies on the influence of various soils on the mycoflora under cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.)

Z. MACIEJOWSKA-POKACKA

W latach 1967—1968 w Oddziale Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Gorzowie Wlkp. przeprowadzono pierwszą serię badań mikrobiologicznych, których celem było sprawdzenie reakcji mikoflory glebowej i innych drobnoustrojów na różne poziomy nawożenia azotem i nawadniania przy uprawie kupkówki na piasku gliniastym lekkim. W 1968 r. podjęto drugą serię badań w celu sprawdzenia z kolei wpływu różnych gatunków gleb na mikoflorę przy zastosowaniu dwóch poziomów zaopatrzenia w wodę oraz intensywnego nawożenia mineralnego.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki tych badań po upływie jednego roku, z uwzględnieniem ogólnej liczby drobnoustrojów (bakterii, promieniowców i grzybów) oraz składu jakościowego flory grzybów na pięciu gatunkach gleb zastosowanych do uprawy kupkówki.

MATERIAL I METODY

Doświadczenie przeprowadzono na obmurowanych małych poletkach bez dna o powierzchni 1 m², wypełnionych piaskiem słabo-gliniastym (pH 6,7), piaskiem gliniastym mocnym (pH 6,8) i gliną lekką silnie spieczoną (pH 7,0) pochodzenia zwałowego, mąką ciężką (pH 6,9) pochodzenia aluwialnego oraz murszem właściwym na podłożu mineralnym (pH 4,7) pochodzenia organogenicznego. Odmianę kupkówki „Nakielska Fala” wysiano 13.VIII.1968 r. Nawożenie przedsięwzięte w przeliczeniu na hektar i czysty składnik wynosiło: 80 kg P₂O₅ w supertomasynie, 120 kg K₂O w soli potasowej i 30 kg N w saletrze amonowej. Wiosną następnego roku w okresie ruszenia vegetacji zastosowano 70 kg P₂O₅, 330 kg K₂O i 90 kg N. Saletrę amonową używano również do pogłównego nawożenia po 1, 2 i 3 pokosie, każdorazowo w ilości 90 kg N.

Ilość wody potrzebną do nawadniania obliczano według Stuczynskiego i współpracowników (tabela 1). Do jakościowych badań flory

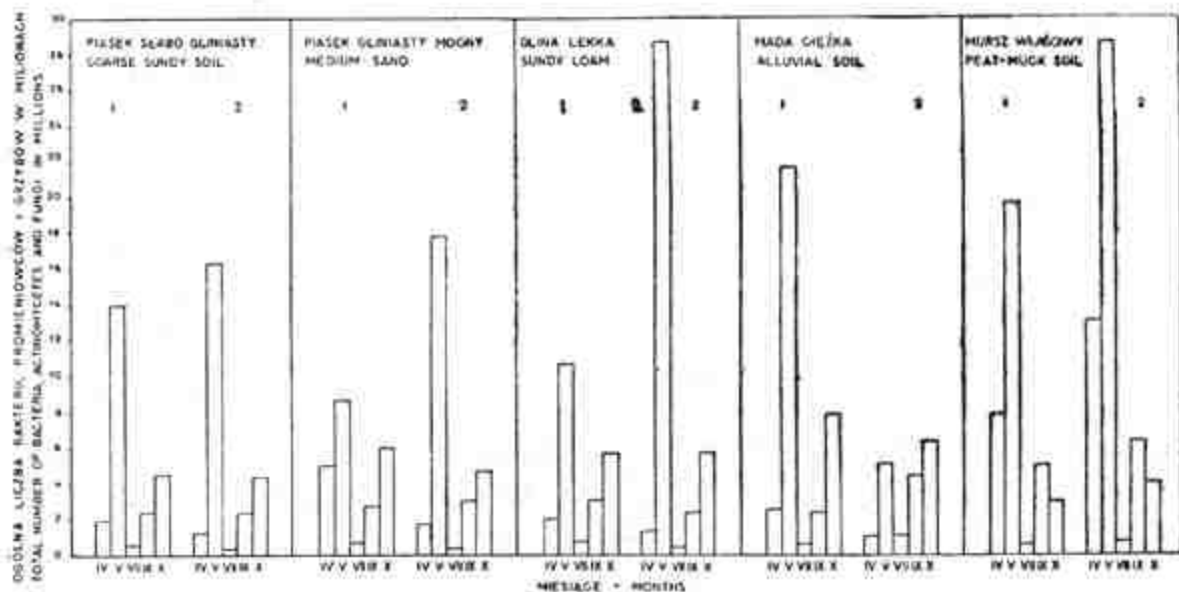
Tabela 1 - Table 1
Opady i średnie temperatury miesięczne w roku 1969
Rainfall and average monthly temperatures in 1969

| Miesiąc Month | Średnie temperatury miesięczne powietrza w °C Average monthly temperatures of air in °C | Teoretyczne opady optymalne w mm Theoretical optimal rainfall /mm/ | Opady rzeczywiste w mm Actual rainfall /mm/ |
|------------------|--|---|--|
| IV | 7,0 | 55 | 70,0 |
| V | 13,4 | 70 | 52,5 |
| VI | 16,1 | 80 | 85,8 |
| VII | 18,5 | 90 | 1,8 |
| VIII | 17,3 | 80 | 89,6 |
| IX | 14,5 | 70 | 5,5 |

grzybów izolowano każdorazowo po ok. 50 kolonii. Szczegółowy opis metodyki podano w poprzedniej pracy (Maciejowska-Pokacka 1971).

WYNIKI

Ogólną liczbę drobnoustrojów podano na wykresie (ryc. 1). Najwięcej drobnoustrojów wyosobniono ze wszystkich badanych gleb w maju,

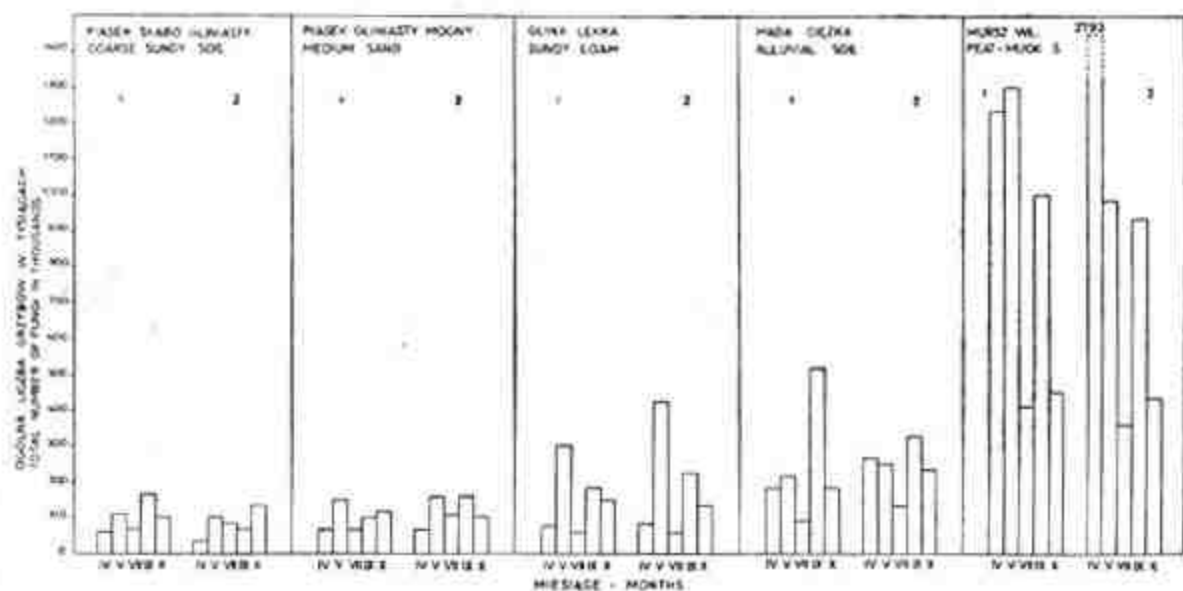


Ryc. 1. Ogólna liczba bakterii, promieniowców i grzybów w różnych glebach przy uprawie kępki na poletkach nie nawadnianych (1) i nawadnianych (2)

Total number of bacteria, actinomycetes and fungi in different soils cropped with cocksfoot on non-irrigated (1) and irrigated (2) plots

a najmniej w lipcu. Wpływ nawadniania na ogólną liczbę drobnoustrojów był najbardziej wyraźny w maju. W glinie i piasku gliniastym mocnym zaobserwowano w tym okresie dwukrotny wzrost ilościowy mikroorganizmów pod wpływem dodatku wody; w piasku i murszu wpływ ten był nieco mniejszy; natomiast w madzie liczba drobnoustrojów zmniejszyła się w stosunku trzykrotnym pod wpływem nawadniania.

Liczbę wyosobnionych grzybów przedstawiono graficznie (wykres na ryc. 2). Najmniej grzybów wyosobniono ze wszystkich badanych gleb w lipcu. Liczba grzybów wyosobnionych w innych terminach różniła się



Ryc. 2. Ogólna liczba grzybów w różnych glebach przy uprawie kępki na poletkach nie nawadnianych (1) i nawadnianych (2)

Total number of fungi in different soils cropped with cocksfoot on non-irrigated (1) and irrigated (2) plots

w zależności od gatunku gleby. W piasku słabogliniastym i w piasku gliniastym mocnym wahania były małe. W murszu najwięcej grzybów było w kwietniu, w glinie w maju, a w madzie we wrześniu. Liczba grzybów w murszu była szczególnie duża w kwietniu na poletkach nawadnianych. Z mady nie nawadnianej wyosobniono we wrześniu mniej grzybów, niż z mady nawadnianej. W pozostałych glebach nie zaobserwowano większych zmian pod wpływem dodatku wody.

W piasku gliniastym mocnym, w madzie i murszu prowadzono badania składu jakościowego flory grzybów glebowych. Z tabeli 2 widać, że czynnikiem różnicującym florę grzybów był przede wszystkim gatunek gleby, natomiast nawadnianie odgrywało mniejszą rolę. Mikoflora piasku gliniastego mocnego była niezbyt liczna, lecz zróżnicowana (tabela 2, ryc. 3). W madzie skład gatunkowy był również różnorodny. Wiosną wy-

Tabela 2 - Table 2

Grzyby glebowe wyizolowane z różnych gleb o dwóch poziomach wilgotności przy uprawie kukurzyki
Soil fungi isolated from various soils at two levels of humidity under cocksfoot

| Grzyby Fungi | Gleba Soil | Liczba grzybów /% na plotkach Number of fungi /% on plots | | | | | | | | | |
|--|---------------|--|------|------|------|------|---------------------------|------|------|------|------|
| | | nie nawadnianych non-irrigated | | | | | nawadnianych irrigated | | | | |
| | | w miesiącach in months | | | | | w miesiącach in months | | | | |
| | | IV | V | VII | IX | X | IV | V | VII | IX | X |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Cephalosporium sp. | A | 6,0 | 5,0 | 12,2 | 7,0 | 5,4 | 7,1 | 9,1 | 25,5 | 4,6 | 10,9 |
| | B | 10,3 | 14,9 | 8,6 | 10,6 | 12,5 | 18,4 | 17,3 | 22,9 | 16,3 | 6,3 |
| | C | 2,6 | | 4,3 | 2,0 | | 30,8 | | 3,9 | | |
| Nieokreślone grzyby drożdżoidalne | A | | 5,0 | | 2,3 | 5,4 | | 12,1 | | 1,5 | |
| | B | 37,6 | 17,0 | 8,6 | 8,5 | 17,5 | 28,6 | 17,3 | 8,3 | 9,3 | |
| | C | 7,7 | 6,1 | 8,5 | 6,0 | 1,9 | 32,7 | 8,9 | 3,9 | 6,6 | |
| Penicillium spp. | A | 2,0 | 20,0 | 4,9 | | 24,3 | 4,8 | 3,0 | 6,4 | 12,1 | 17,4 |
| | B | 17,3 | 4,3 | 17,1 | 10,6 | 12,5 | 4,1 | 1,9 | 6,4 | | 6,3 |
| | C | | 4,1 | 6,4 | 18,0 | 21,1 | 3,9 | 4,4 | 3,9 | 17,5 | 21,5 |
| Pullularia pullulans Berkhout | A | 2,0 | 5,0 | 10,2 | 27,9 | 2,7 | | 3,0 | 4,3 | 19,7 | 13,0 |
| | B | | 2,1 | 11,4 | 23,4 | 10,0 | | 1,9 | 10,4 | 16,3 | 39,6 |
| | C | | | 4,3 | 2,0 | | | | | 4,4 | |
| Penicillium Waksmani Zaleski | A | 2,0 | | 4,9 | 2,3 | | | | 1,5 | | |
| | B | | 2,1 | 2,9 | 2,1 | 2,5 | | | 2,1 | 4,7 | |
| | C | 5,1 | 22,5 | 12,8 | 24,0 | 30,6 | 5,8 | 11,1 | 25,0 | 10,9 | 19,2 |
| Phoma sp. | A | 14,0 | 5,0 | 24,4 | | 2,7 | 2,4 | 21,2 | 6,4 | 7,6 | 6,5 |
| | B | 3,5 | 6,4 | 8,6 | 6,4 | 2,5 | | 9,6 | 8,3 | 2,3 | 3,1 |
| | C | 2,6 | 2,0 | | 6,0 | | | 7,7 | 1,9 | | |
| Grzybnie niezarodnikujące | A | 6,0 | 10,0 | 12,2 | 2,3 | 2,7 | 4,8 | 6,1 | 12,8 | 4,6 | 13,0 |
| | B | 3,5 | 6,4 | 7,7 | 8,5 | 10,0 | 8,2 | 1,9 | | 2,3 | 14,5 |
| | C | 12,8 | | 4,3 | | | 11,5 | | 1,9 | 2,2 | 3,1 |
| Mortierella alpina Peyronel | A | 6,0 | 25,0 | 12,2 | 2,3 | 16,2 | | 9,1 | 4,3 | 9,1 | 10,9 |
| | B | | 2,1 | 3,9 | 2,1 | 2,5 | 4,1 | 5,8 | 5,3 | 7,0 | 4,2 |
| | C | | 12,2 | 2,1 | | | | 2,2 | 1,9 | 2,2 | |
| Trichoderma lignorum /Yoda/ Hara | A | 4,0 | 5,0 | 2,4 | 4,7 | 2,7 | 11,9 | 6,1 | 2,1 | 10,6 | 4,4 |
| | B | 3,5 | 12,8 | 2,9 | 2,1 | 2,5 | | 3,9 | | | 2,1 |
| | C | | 4,1 | | | 7,8 | | 2,2 | 3,9 | 2,2 | |
| Cenothyrus spp. | A | 2,0 | | | 4,7 | 5,4 | 14,3 | | 4,3 | 3,0 | 6,5 |
| | B | 3,5 | | | 2,1 | 5,0 | | | 11,6 | 2,1 | |
| | C | 7,6 | 4,1 | | 2,0 | 7,8 | | 2,2 | 1,9 | 8,7 | 4,3 |
| Briarea spp. | A | 6,0 | | | 7,0 | 2,7 | 4,8 | 9,1 | 8,5 | 3,0 | |
| | B | | | 8,6 | | | 2,0 | 5,8 | 12,5 | | |
| | C | | | | | | 1,9 | | | | 2,1 |
| Fusarium oxysporum /Schlecht./ Syd. et Hans. | A | 4,0 | | | 2,3 | 2,7 | 7,1 | | | | |
| | B | | | 14,3 | | | 8,2 | 3,9 | 8,3 | | 2,1 |
| | C | 2,6 | | 2,1 | | | | 3,9 | 3,9 | 6,6 | |
| Pullularia sp. | A | | | | | | | | | | 2,2 |
| | B | | 4,3 | | 2,1 | | | 5,8 | 2,1 | | 2,1 |
| | C | | 4,1 | 2,1 | 8,0 | | | 13,3 | | 4,4 | 6,4 |
| Oidiodendron tenuissimum /Peck/ Hughes | A | 2,0 | | | | | 11,9 | | 6,4 | | 6,5 |
| | B | | 2,1 | | | | 4,1 | 1,9 | | | |
| | C | | 6,1 | 6,4 | 2,0 | 1,9 | | 11,1 | | 2,2 | 6,4 |
| Fusarium spp. | A | 4,0 | | 4,9 | 4,6 | 5,4 | | 3,0 | | 1,5 | |
| | B | | 2,1 | 8,6 | | 7,5 | 2,0 | | 8,3 | | |
| | C | 5,1 | 2,0 | | | 1,9 | | | | | 6,4 |
| Fusarium Martii Ap. et Wr. | A | | | | 2,3 | | 2,4 | | | | |
| | B | | | | 8,5 | 5,0 | | 1,9 | | 4,7 | 2,1 |
| | C | | 4,3 | | | | | | | | |
| Penicillium janthinellum Bourge | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| | C | 20,5 | 4,1 | 8,5 | 10,0 | 5,8 | | 8,9 | 5,8 | 10,9 | 10,6 |
| Penicillium raeburnii Zaleski | A | | | | | 7,5 | | | 6,4 | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| | C | | 6,1 | 4,4 | 14,0 | 11,5 | | 15,6 | 17,3 | 6,6 | 4,3 |
| Mortierella vinacea Dixon-Stewart | A | | | | | | | | | | 2,1 |
| | B | | | | | | | | | | 12,8 |
| | C | 5,1 | 10,2 | 14,9 | 2,0 | 7,7 | | 13,3 | 19,2 | 2,2 | |

t.c. tabeli 2 - cont. tabela 2

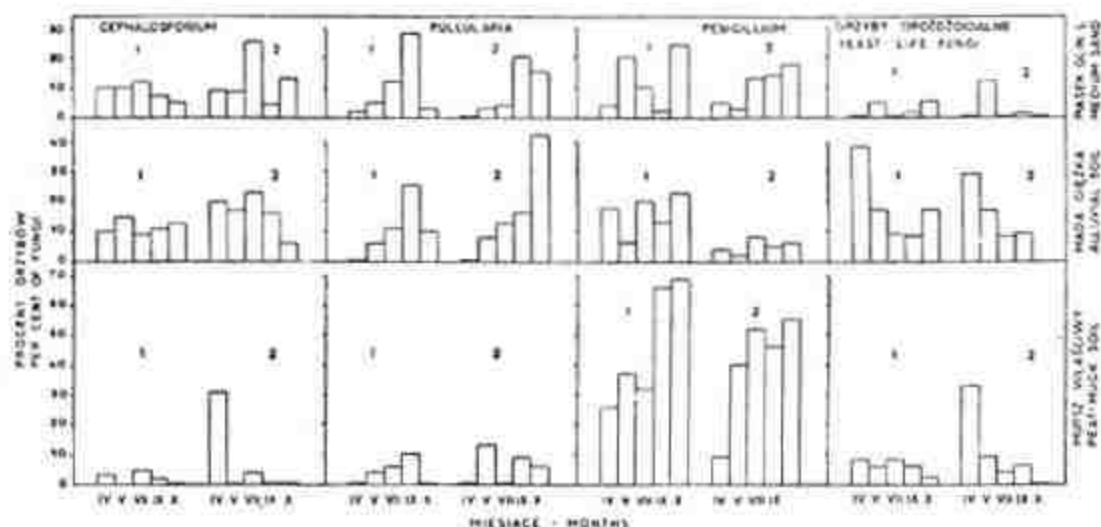
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-------------|--------------------|------------|------------|------------|-----|------------|-----|-----|------|------------|
| <i>Glisocladium catenulatum</i> Gilman et Abbott | A B C | 2,0 3,5 2,6 | 5,0 2,1 | | 9,3 2,1 | | | 1,9 | | | 2,2 |
| <i>Cladosporium herbarum</i> /Pers./ Link | A B C | | 4,3 | 4,2 2,1 | | 8,1 | 2,0 | | 2,1 | 1,9 | |
| <i>Cladosporium</i> sp. | A B C | | | | 4,3 | | | 6,1 | | 11,6 | 2,2 6,3 |
| <i>Pyrenochaeta</i> sp. | A B C | 6,0 3,5 10,3 | 2,1 | | | | 2,0 | 3,0 | | 3,0 | |
| <i>Pseudogymnoascus roseus</i> Bailie | A B C | 6,9 2,6 | 2,1 | | | 1,9 | 2,0 | 3,9 | | 4,7 | 2,1 |
| <i>Cephalosporium acrementum</i> Corda | A B C | 4,0 | 5,0 | | | | 2,4 2,0 | | | | 2,2 |
| <i>Hyrothecium rodicum</i> Tode | A B C | 2,0 | | | 2,3 | 2,5 | 7,1 | 3,0 | 2,1 | 3,0 | |
| <i>Oidiobondrum echinulatum</i> Barros | A B C | | 2,1 | | 2,3 | | | 3,0 | | | 4,4 2,1 |
| <i>Hyrothecium verrucaria</i> /Albertini et Schweinitz/ Ditmar/ | A B C | 4,0 | | | | 2,7 | 4,8 | | | | 2,2 2,1 |
| <i>Gliocastix convoluta</i> /March./ Mason | A B C | 4,0 | 2,1 | | | 2,7 | 2,4 2,0 | | | | |
| <i>Aspergillus</i> spp. | A B C | | | | | | 2,4 2,0 | | | | 2,1 |
| <i>Zygorhynchus woellieri</i> Vuillemin | A B C | | 6,1 | 6,4 | | | | | 1,9 | | |
| <i>Botrytis</i> spp. | A B C | | 2,6 | | | | | | | 1,5 | |
| <i>Chaetomium</i> sp. | A B C | | | | 2,0 | | | | 1,9 | | |
| <i>Cylindrocarpon didymum</i> /Kartung/ Wr. | A B C | | | | | | 2,4 | | | | 2,1 |
| <i>Cylindrocarpon radicola</i> Wr. | A B C | | | | | | | 1,9 | | 7,0 | |
| <i>Mucor</i> spp. | A B C | | | | | | | | 1,9 | 2,3 | |
| <i>Phytophthora</i> sp. | A B C | 2,0 | | | 9,3 | | | | | | |
| <i>Pseudogymnoascus vineosus</i> Bailie | A B C | 2,0 | | | 2,0 | | | | | | |
| <i>Scopulariopsis</i> sp. | A B C | | 5,0 | 4,3 | | | | | | | |
| <i>Stachybotrys atra</i> Corda | A B C | 3,5 | | | | | 2,0 | 1,9 | | | |
| <i>Trichoderma Koningi</i> Oudemans | A B C | | | | | | 2,4 | | | | 2,2 |

d.c. tabeli 2 - cont. tabela 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|-------------|-----|------------|------------|------------|----------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| Trichoderma sp. | A B C | 5,0 | | | 2,3 | | | | | | |
| Sauveria sp. Gonytrichum sp. Gymnascus sp. Pestalotiella sp. Torula sp. | A | | | | | 5,4 | 2,4 | | | 4,6 3,0 | |
| Alternaria tenuis Fees Cunninghamella elegans Lendner Sarotiaella sp. | B | 3,5 | 2,1 | | 4,3 | | | | | | |
| Epicoccum sp. Glioscladium penicillioides Corda Tetelavia sp. Verticillium sp. Zygoryhynchus sp. | C | 2,6 | 4,1 | 4,3 | | | | | 2,2 | | |
| Grzyby nieokreślone | A B C | 6,0 | 5,0 2,1 | 4,9 2,1 | 4,7 2,1 | 2,7 # | 2,4 5,0 | 6,1 4,4 | 11,5 4,4 | 8,5 4,2 | 4,6 5,6 |

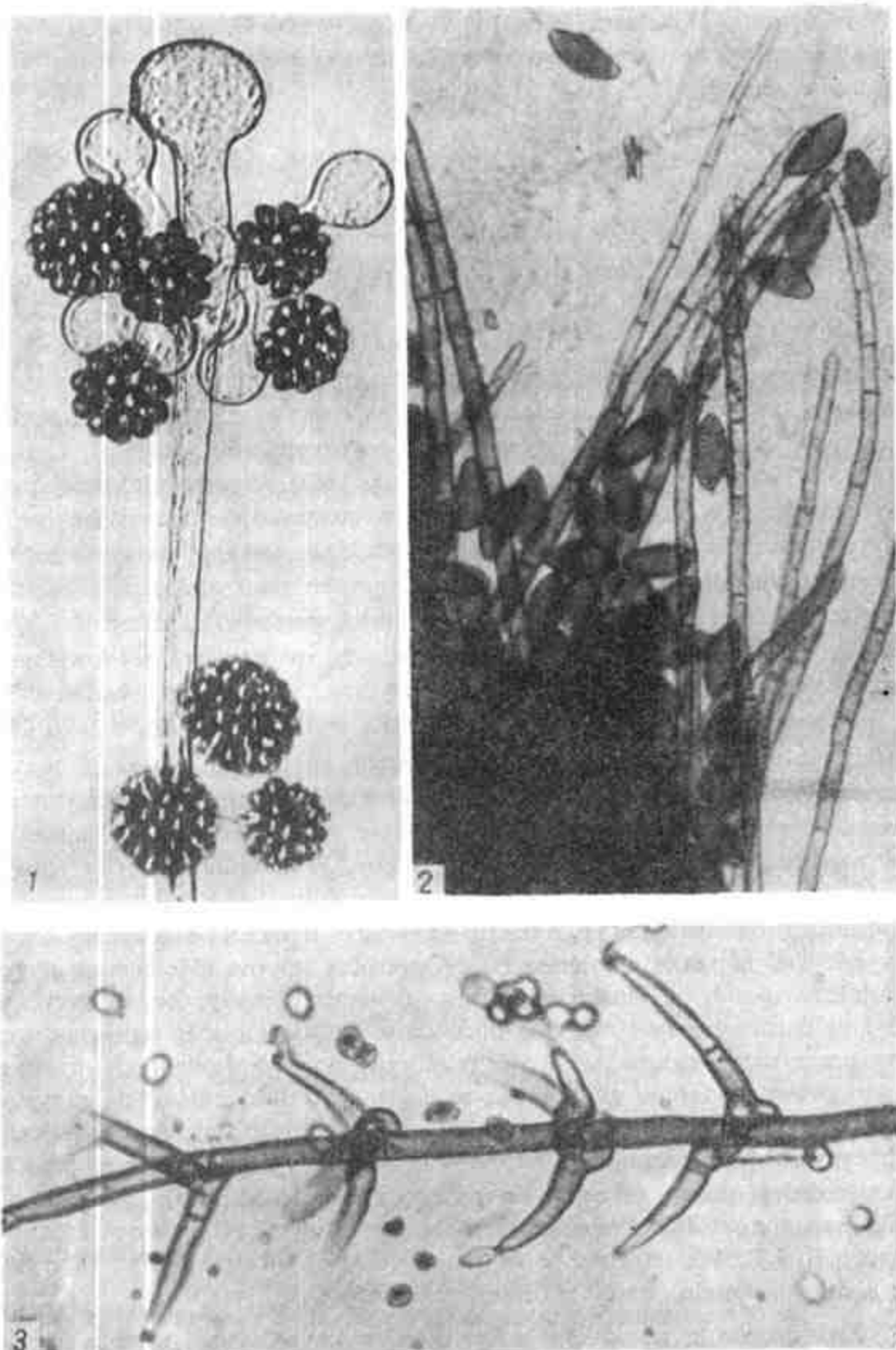
x/ - A: Piasek gliniasty mocny - Medium sand
 B: Mała ciężka - Alluvial soil
 C: Maza włóciwa - Peat-muck soil

stępowały tu często grzyby drożdżoidalne, natomiast jesienią wyosobniono więcej grzybów z rodzaju *Pullularia*. W murszu najczęściej spotykano gatunki *Penicillium* oraz grzyb *Mortierella vinacea* nie występujący w piasku gliniastym mocnym, a występujący sporadycznie w madzie.



Ryc. 3. Występowanie niektórych grzybów w różnych glebach na poleikach nie nawadnianych (1) i nawadnianych (2)
 Occurrence of some fungi in different soils on non-irrigated (1) and irrigated (2) plots

Wpływ wody był najbardziej widoczny na przykładzie grzybów z rodzaju *Penicillium*, które rosły znacznie lepiej w glebie nie nawadnianej. Obserwowane wahania ilości oraz składu jakościowego flory grzybów



Fot. 1—3. 1: *Cunninghamella elegans* Lendner, 450 ×; 2: *Thielavia* sp., 900 ×, 3: *Gonytrichum* sp., 900 ×

spowodowane dodatkiem wody były na ogół niewielkie. Można było jednak zauważyć, że grzyby rozwijały się liczniej w warunkach niższej wilgotności gleby.

DYSKUSJA

Ilość drobnoustrojów jest wskaźnikiem aktywności mikrobiologicznej gleb, wykazującym pozytywną korelację z niektórymi testami enzymatycznymi oraz oddychaniem gleby (Voets i Dedeken 1966; Casida, Klein i Santoro 1964; Florenzano i współpracownicy 1968). Wielu autorów podaje, że wahania aktywności mikrobiologicznej obserwowane w poszczególnych miesiącach roku są zjawiskiem sezonowym, związanym z warunkami klimatycznymi i rozwojem roślinności (Garret 1956; Ulehlova 1967; Woldendrop 1963). Wyniki niniejszej pracy potwierdzają słuszność tego poglądu w stosunku do wszystkich badanych gatunków gleb. Przedstawione wyniki dostarczają ponadto informacji o wpływie różnych środowisk glebowych na kształtowanie się zespołów mikroorganizmów, a w szczególności grzybów. Z tabeli 2 i wykresu na ryc. 3 wynika, że piasek gliniasty mocny był środowiskiem sprzyjającym rozwojowi gatunków grzybów. Jednoroczne badania są z pewnością zbyt krótkotrwałe i nie można wyciągnąć z nich daleko idących wniosków, nasuwa się jednak uwaga, że badany piasek gliniasty mocny wykazywał cechy stabilności mikrobiologicznej. Częste występowanie grzybów drożdżoidalnych, gatunków *Pullularia* i *Cephalosporium* w madzie świadczyło o specyfice tej gleby. Wymienione grzyby rozwijają się dobrze w środowiskach bogatych w cukry oraz tolerują wysokie stężenia substratu (Lilly i Barnett 1951; Bouthielt 1953). Mursz wykazywał zupełnie odmienne cechy mikrobiologiczne różniące się w zasadniczy sposób od piasku gliniastego mocnego i mady. Zespół grzybów był tu bardzo liczny i mało zróżnicowany. Był on głównie reprezentowany przez różne gatunki *Penicillium*. Liczne występowanie tych grzybów było prawdopodobnie związane z właściwą im, dużą zdolnością przystosowawczą do specyficznych i mało odpowiednich dla rozwoju innych drobnoustrojów warunków środowiska. Świadczą o tym również wyniki poprzedniej pracy (Maciejowska-Pokacka 1971). Małe zróżnicowanie mikroflory mogło być związane z wysoką kwasowością murszu (pH 4,7), jak również z innymi cechami substratu wynikającymi z niskiego stopnia rozkładu frakcji organicznej.

Zróżnicowanie warunków wilgotnościowych w ciągu jednego okresu wegetacyjnego wpływało przede wszystkim na ogólną liczbę drobnoustrojów. O ile zróżnicowanie takie byłoby utrzymywane na przestrze-

ni wielu lat, z pewnością wystąpiłyby zmiany o charakterze trwałym, pozwalające na dokonanie oceny wpływu wilgotności na przebieg procesów mikrobiologicznych.

WNIOSKI

Z przeprowadzonej pracy wynika, że głównym czynnikiem różnicującym florę grzybów w warunkach doświadczenia oraz wpływającym na ogólną liczbę mikroorganizmów był gatunek gleby. Nawadnianie poletek stosowane w ciągu jednego roku uprawy kępki nie spowodowało dużych zmian w mikrobiologii badanych gleb. Piasek gliniasty mocny i mada były środowiskami sprzyjającymi rozwojowi różnorodnej mikroflory. W murszu rozwijały się bardzo licznie grzyby, głównie z rodzaju *Penicillium*, świadczące o wysokiej specyficy tego środowiska oraz o właściwościach hamujących rozwój innych grup drobnoustrojów.

Pracownia Roślin Pastewnych IUNG
Gorzów Wlkp.

SUMMARY

The paper presents results of investigations on the general microflora and fungus flora of five different soils cropped with cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). Experiments were carried out at two soil humidity levels. The soils were amended with high rates of mineral fertilizers. Irrigation caused an increase of the total number of microorganisms. The development of fungi was better at a lower humidity level. The composition of fungus flora of various soils was different. The mycoflora of peat-muck soil differed essentially from that of other soils, as it was represented mainly by species of *Penicillium*. This indicates a high specificity of this environment.

LITERATURA

- Bouthilet R. J., 1953, A taxonomic study of soil yeasts, *Mycopath. et Mycol. Applicata*, 6: 79—85.
- Casida L. E. Jr., Klein D. A., Santoro T., 1964, Soil dehydrogenase activity, *Soil Sci.* 90: 371—376.
- Florenzano G., Materassi R., Favilli F., 1968, Activité cellulolytique dans les sols cultivés et influence des engrais, *Annales Inst. Pasteur*, 115: 569—573.
- Garret S. D., 1950, *Biology of root infecting fungi*, London.
- Lilly V. G., Barnett H. L., 1951, *Physiology of the fungi*, New York.
- Maciejowska-Pokacka Z., Reakcja mikroflory glebowej i innych drobnoustrojów na różne poziomy nawożenia azotem i nawadniania przy uprawie kępki (*Dactylis glomerata* L.), *Acta Mycol.* 7: 41—57.

- Stuczyński E., Stuczyńska J., Jakubowski S., Jasińska B. 1971, Plonowanie kupkówki w zależności od nawożenia azotem i zaopatrzenia w wodę, *Pam. Puł.* 44: 119—144.
- Ulehlova B., 1967, Soil microflora under different plant communities, *Přirodovédné Práce Ústavu Českoslov. Akad. věd v Brně. I SN.* 10: 393—427.
- Voets J. P., Dedeken M., 1966, Observations on microflora and enzymes in the rhizosphere, *Suppl. Ann. Inst. Pasteur* 3: 197—207.
- Woldendrop J. W., 1963, The influence of living plants on (bacterial) denitrification, *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen* 63: 1—100.