

Badania nad mikoflorą zasiedlającą surowe odpady keratynowe w glebie

TERESA KORNIŁŁOWICZ

Katedra Mikrobiologii Rolniczej AR
w Lublinie

Kornilłowicz T.: (Department of Microbiology Agricultural Academy in Lublin, Akademicka 15, 20-934 Lublin, Poland). *Studies on mycoflora colonizing raw keratin wastes in arable soil*. Acta Mycol. XXVII (2): 231-245, 1991-1992.

The present studies showed that feathers placed in soil demonstrated the succession of physiologically differentiated communities of micromycetes. The first colonizers were sugar fungi. The second phase of feather colonization showed the prevalence of nutritively undeveloped polyphages and "root" celulolytic fungi. The final phase of colonization was dominated by keratinophilic fungi together with microflora that involved the forms known mainly for their strong proteolytic abilities. It was found that both the chemical structure of substrate and soil properties with its pH determined the qualitative composition of fungal flora.

WSTĘP

W warunkach naturalnego występowania mikroorganizmów wysoką zdolnością konkurencji w stosunku do keratyny odznaczają się przede wszystkim niektóre promieniowce (Novali i Nickerson, 1959) oraz tzw. grzyby keratynofilne (de Vries, 1962), do których należy kilka geofilnych gatunków z rodzaju *Trichophyton*, *Microsporium* i *Chrysosporium* wraz ze stadiami doskonalymi (Carmichael, 1962; de Vries, 1962; Otčenašek, Dvořák, 1975; Domsch, Gams, Anderson, 1980; van Oorschot, 1980).

W zasiedlaniu naturalnych substratów keratynowych w glebie uczestniczą także liczne inne mikroskopowe grzyby (Griffin, 1960; de Vries, 1962). Przeważa pogląd, że drobnoustroje te wykorzystują jedynie nie keratynowe połączenia tych resztek organicznych (Griffin, 1960; de Vries, 1962; English, 1965; Safranek, Goos, 1982). Niektórzy autorzy sądzą jednak, że przynajmniej część

tych micromycetes jest keratynolityczna (K u s h w a b a, 1983; U l f i g, 1985; J a i n, A g r a w a l, 1985).

Dotychczas badania nad zasiedlaniem materii keratynowej w glebie prowadzono jedynie na włosach (G r i f f i n, 1960). Informacje dotyczące grzybowej kolonizacji piór są fragmentaryczne (J a i n, S h u k l a, G r i v a s t a v a, 1985). Celem niniejszej pracy było zbadanie składu gatunkowego i sukcesji mikoflory zasiedlającej pióra odpadowe w glebach uprawnych. Prezentowane badania są częścią szerszego opracowania dotyczącego ekologii grzybów rozkładających materię keratynową w środowiskach naturalnych. Obok poznawczego, mają one również aspekt praktyczny związany z poszukiwaniem saprofitycznych gatunków grzybów aktywnych w degradacji odpadów keratynowych.

MATERIAŁ I METODY

Do badań użyto gleby uprawne następujących rodzajów: piaszczysta (Sobieszyn – woj. lubelskie), gliniasta (Sobieszyn – woj. lubelskie), czarnoziem (Grabowiec – woj. zamojskie) i czarna ziemia (Strupin – woj. chełmskie), (tab. 1).

Próby glebowe pobierano w kwietniu i maju z pól obsiewanych roślinami zbożowymi. Z każdego pola z głębokości 1-20 cm w 10 równomiernie rozrzuconych punktach pobierano około 5 kg gleby. Celem ustalenia równowagi biologicznej pozostawiano ją przez tydzień w temperaturze pokojowej, następnie dokładnie mieszano i przesiewano przez sito o średnicy oczek 2 mm. Tak przygotowaną glebę umieszczano w słoikach szklanych o pojemności 1000 cm³. Po ustaleniu wilgotności na poziomie 50 % c.p.w. wysokość warstwy glebowej wynosiła ok. 25 cm; wilgotność jej kontrolowano przez cały czas trwania doświadczenia.

Jako materiału keratynowego użyto piór kurcząt rasy Leghorn. Po umyciu detergentem i wypłukaniu wodą wodociągową pióra suszono w strumieniu chłodnego powietrza, po czym rozdrabniano je mechanicznie na fragmenty o długości ok. 0,5-1 cm; odtłuszczanie prowadzono w eterze, następnie płukano je kilkakrotnie wodą destylowaną i ponownie suszono. Naważki substratu (500 mg) umieszczano w woreczkach kapronowych które sterylizowano mieszaniną tlenu etylenu i propylenu (Zakłady „Polfa” Lublin). Tak przygotowany materiał umieszczano w glebie na poziomie ok. 5 cm od jej powierzchni. Inkubację prób glebowych prowadzono w 20°C ± 2° przez 7, 14, 30, 60, 90, 120 i 150 dni. Dla każdej gleby stosowano 2-krotne powtórzenia. Woreczki okresowo wyjmowano i poddawano analizie mikologicznej.

Izolację grzybów prowadzono na pożywce glukozowej Sabourauda z dodatkiem streptomycyny i chlorocykliny, w ilościach jak do pożywki Martina. W każdym terminie doświadczalnym analizowano 70 odcinków piór wykładając je po 1-3 na płytkę z trzykrotnym odciskiem każdego odcinka.

Tabela 1 - Table 1

Charakterystyka podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych gleb
The characteristic of basic chemical and physical properties of soil

Gleba Soil	Skład mechaniczny * Mechanical composition												Pechenica - Humus ** %	ogólny - total ** %	pH **		Zawartość** przy- swajalnych form pierwiastków (w) Content of available forms of elements (in)			
	Procentowa zawartość frakcji o Ø w mm Percentage of fraction of Ø in mm																mg/100g gleby (of soil)			
	1,0 -	0,5 -	0,25 -	0,10 -	0,05 -	0,02 -	0,006 -	< 0,002	1,0 -	0,1 -	< 0,02	%	N	H ₂ O	KCl	CaCO ₃	Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	0,5	0,25	0,10	0,05	0,02	0,006	0,002	0,002	0,1	0,02	0,02	%	N	H ₂ O	KCl	CaCO ₃	Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Piaszczysta bielicowa wytworzona z piasku słabo gliniastego Sandy podzolic soil developed from loamy sand	6	31	41	7	8,5	1,5	3	2	78	155	6,5	0,35	0,042	3,5	3,4	0	1,2	12,4	5,6	
Gliniasta brunatna wytworzona z gliny ciężkiej Loamy brown soil formed from clay loam	8	135	235	105	125	8,5	7	16,5	45	23	32	1,26	0,098	4,8	4,4	0	9,9	16,6	15,0	
Czarnoziem wytworzony z lessu Chernozem developed from loess	0	0	5,5	8,5	45,5	21,5	9	10	5,5	54	40,5	2,30	0,140	6,3	nie ozna- czono not identi- fied	0	11,7	5,8	5,0	
Czarna ziemia wytworzona z piasku glin. Black soil de- veloped from loamy sand	11	22	27,5	8	12	5	8	7	60	20	20	3,61	0,290	7,7	7,3	6,28	4,1	48,4	6,7	

* w wartościach średnich z 2 powtórzeń (mean values after 2 replicates)

** w wartościach średnich z 3 powtórzeń (mean values after 3 replications)

Identyfikacji dokonywano bezpośrednio na płytkach lub w mikrokulturach po uprzednim odszczepieniu izolatów na skosy Sabourauda bez antybiotyków. Przy ostatecznej klasyfikacji grzybów uwzględniono cechy makro i mikromorfologiczne określone na podłożach standardowych. Korzystano przy tym z różnych opracowań systematycznych (C a r m i c h a e l, 1962; D o m i n i k, 1967; M e s s i a e n,

Cassini, 1969; Skirgiello, Zadara, 1979; Domsch, Gams, Anderson, 1980; van Oorschot, 1980; Peberdy, 1987).

Oceny stopnia zasiedlenia piór przez wyodrębnione gatunki dokonywano na podstawie częstotliwości izolacji ich organów rozmnażania. Przyjęto, że jeden fragment substratu może zasiedlić tylko jedna kolonia z danego gatunku. Jako liczącą się uznano co najmniej 10 % częstotliwość występowania poszczególnych gatunków w obrębie wyodrębnionej populacji mikrogrzybów.

WYNIKI BADAŃ

Badania wykazały, że przez cały czas trwania doświadczenia (150 dni) stopień zasiedlenia piór (70 fragmentów) we wszystkich badanych glebach wynosił 100 %. Tempo wyczerpywania substratu w poszczególnych glebach było jednak różne. Także skład gatunkowy, szybkość pojawiania i częstotliwości zasiedlenia piór przez pojedyncze gatunki i zespoły grzybów w niektórych glebach wykazywały znaczną odmienność.

Gleba piaszczysta

Ogółem natywne pióra w tej glebie zasiedlały 32 gatunki micromycetes (tab. 2). Do najczęściej izolowanych należały: *Mucor hiemalis* i *Zygorrhynchus moelleri* – *Zygomycetes* oraz *Trichoderma viride*, *Gliocladium virens*, *G. roseum*, *Fusarium solani*, *Paecilomyces lilacinus* i *Trichophyton ajelloi* – *Deuteromyces*.

Częstotliwość zasiedlenia piór przez poszczególne gatunki zmieniała się okresowo. W pierwszym miesiącu substrat był prawie wyłącznie przerośnięty grzybnia *Mucorales*.

Do 14 dnia dominował *M. hiemalis* zastępowany następnie przez *Z. moelleri*. Obserwowany w 2-im miesiącu spadek liczby wyosobnień grzybów był zbieżny ze wzrostem gęstości zasiedlenia przez *G. virens* i *T. viride* – polifagów o silnych uzdolnieniach antagonistycznych (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980). Intensywny rozwój form mikopasożytniczych takich jak *T. viride* przypuszczalnie przyczynił się również do ograniczenia kolonizacji piór przez *F. solani*. Stymulację wzrostu tego grzyba odnotowano bowiem po okresie intensywnego rozwoju *T. viride* (tab. 2). Jak podają wymienieni autorzy *F. solani* jest gatunkiem szczególnie wrażliwym na tego antagonistę.

Pierwszych wyosobnień keratynowych grzybów reprezentowanych przez *T. ajelloi* dokonano dopiero w 90 dniu kontaktu substratu z glebą. Mogło to wynikać zarówno z niskiej częstotliwości występowania tego grzyba w glebie piaszczystej jak i silnej konkurencji grzybów nie-keratynofilnych. Pojawieniu się *T. ajelloi* towarzyszyła kolonizacja rozkładanego materiału przez *P. lilacinus*. Organizmy

zasiedlające pióra w ostatniej fazie (4-5 miesiąc) wywoływały przebarwienie i stopniowy zanik struktury włóknistej substratu (mikroskop). Znaczna część piór wykazywała jednak słaby stopień destrukcji. W ostatnim miesiącu badań na zasiedlanym materiale odnotowano szybki wzrost *G. roseum*.

Gleba gliniasta

Skład florystyczny mikrogrzybów zasiedlających pióra w tej glebie wykazywał znaczne podobieństwo do mikoflory piór w glebie piaszczystej (tab. 2). Natomiast szybkość pojawiania oraz dynamika zmian ilościowych poszczególnych kolonizatorów substratu w obu glebach często były różne. Na ogół w glebie gliniastej pojedyncze grzyby ubikwistyczne i keratynolityczne pojawiły się i rozprzestrzeniły szybciej, niż w glebie piaszczystej. Towarzystwo temu szybsze tempo rozkładu substratu.

Spośród 32 zidentyfikowanych gatunków lub rodzajów, największą liczbę wyosobnień uzyskano w przypadku: *Mortierella* sp. i *M. hiemalis* – *Zygomycetes* oraz *Fusarium oxysporum*, *Gliocladium roseum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Humicola grisea* i *Trichophyton ajelloi* z *Deuteromycetes* (tab. 3).

Przewaga *Mucorales*, najpierw *Mortierella* sp., a następnie *M. hiemalis* była wyraźnie widoczna tylko w pierwszych dwóch tygodniach. Były one szybko (2-4 tygodni) zastępowane przez polifagi, a zwłaszcza *P. lilacinus* i *G. roseum*. Należy zaznaczyć, że przy okresowych wahaniami częstotliwości, liczba wyosobnień ww. gatunków utrzymywała się na znacznym poziomie aż do końca badań. Wśród polifagów wyższą częstotliwość występowania osiągało również *F. oxysporum*. Efekt ten uwidocznił się dopiero w 3 miesiącu doświadczenia. Ponieważ w tym okresie gęstość zasiedlania piór przez *G. roseum* częstego pasożyta *F. oxysporum* w glebie (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980) obniżyła się ok. 3-krotnie, można przypuszczać, że przyczyną powyższego zjawiska był antagonizm tych drobnoustrojów.

Wykazano, że obok typowych polifagów pióra odpadowe w glebie gliniastej kolonizowały grzyby powszechnie uważane za wybitnie celulolityczne, w szczególności *H. grisea*. Stymulację jego wzrostu odnotowano w 2 miesiącu badań. Była ona jednak słabsza niż w przypadku innych grzybów ubikwistycznych. Natomiast nastąpiło bardzo silne przyspieszenie rozprzestrzeniania się na piórach *T. ajelloi* po raz pierwszy wyodrębnionego w 7 dniu po wprowadzeniu piór do gleby. Intensywny rozwój tego grzyba był sprzężony z szybkim przekształcaniem substratu w bezpostaciowe grudki i ogólnym ubytkiem masy. W końcowej fazie eksploatacji substratu keratynowego wystąpił ponowny wzrost liczby wyosobnień *P. lilacinus* i *G. roseum* (tab. 3).

Czarnoziem

Z piór umieszczonych w czarnoziemie izolowano na ogół te same rodzaje i gatunki (tab. 4) co z gleb omówionych wcześniej.

Tabela 2 - Table 2

Skład gatunkowy micromycetes kolonizujących natywne pióra w glebie piaszczystej oraz częstotliwość izolacji (%) zasiedlających je wybranych (*) gatunków

The species composition of micromycetes that colonize native features in sandy soil and isolation frequency (in %) of selected fungi species

Gatunek Species	Czas kontaktu substratu z glebą (w dniach) Time of substrate- soil contact (in days)						
	7	14	30	60	90	120	150
	Liczba izolatów - Number of isolates						
<i>Pythium oligandrum</i> Drechsler	3	0	0	0	0	0	0
<i>Absidia glauca</i> Hagem	0	0	0	0	0	1	1
<i>Mortierella</i> sp.	8	6	3	1	1	0	0
<i>M. alpina</i> Peyronel	2	0	0	0	0	0	1
<i>M. vinacea</i> Dixon-Steward	2	0	0	0	0	0	0
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer *	35	47	18	4	4	0	0
	42,68	66,19	22,5	5,4	3,7	0	0
<i>M. plasmatycus</i> van Tieghem	0	0	0	0	0	1	1
<i>M. psychrophilus</i> Milko	1	0	0	0	0	0	1
<i>M. pusillus</i> Linolt	9	2	0	2	0	0	0
<i>M. ramonissimus</i> Samutsevitsch.	6	1	1	2	0	4	0
<i>M. strictus</i> Hagem	7	0	1	0	1	0	0
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenberg	0	0	3	0	0	1	0
<i>Zygorhynchus moelleri</i> Vuill. *	5	10	44	12	10	4	2
	6,09	14,08	55	16,21	9,25	5,7	2,5
<i>Fusarium culmorum</i> (Schwabe) Snyd. et Hansen	1	1	1	0	1	0	0
<i>F. exquiesci</i> (Corda) Sacc. Gordon	0	0	1	1	1	0	0
<i>F. oxysporum</i> Schlecht emend. Snyder et Hansen	1	2	0	0	1	2	0
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc. *	2	1	1	4	5	10	20
	2,43	0	1,25	5,4	4,62	12,65	25
<i>Gliocladium roseum</i> Bain. *	0	0	0	0	0	0	16
	0	0	0	0	0	0	20
<i>G. virens</i> Miller, Giddens, Foster *	0	0	0	36	44	17	9
	0	0	0	48,64	40,74	21,52	11,25
<i>Gliomastix murorum</i> (Corda) Hughes	0	0	0	0	0	1	0
<i>Paecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson *	0	0	0	0	0	5	11
	0	0	0	0	0	6,32	13,75
<i>Penicillium</i> sp.	0	1	0	0	0	1	0
<i>P. janthinellum</i> Biosurge	0	0	0	0	0	1	1
<i>Trichoderma koningi</i> Oudem.	0	0	0	1	6	1	0
<i>T. viride</i> Pers. ex S. F. Gray *	0	0	3	10	15	12	1
	0	0	3,75	13,51	13,88	15,18	1,25
<i>Verticillium psalliotae</i> Terschow	0	0	0	0	0	5	3
<i>Sclerotium</i> sp.	0	0	0	0	0	2	1
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Pall.	0	0	0	0	7	0	0
<i>Chaetomium cochliodes</i> Pall.	0	0	0	0	4	4	0
<i>Humicola fusco-atra</i> Traaen	0	0	1	0	0	0	0
<i>H. grisea</i> Traaen	0	0	2	1	6	0	0
<i>Trichophyton ajelloi</i> (Vanber.) Ajello *	0	0	0	0	2	7	12
	0	0	0	0	1,85	8,86	15
Ogółem - Total	82	71	80	74	108	79	80

Uwzględniono gatunki (*) o okresowej (powyżej 10%) częstotliwości zasiedlenia substratu
Species with periodical (*) (above 10%) frequency of colonization of substrate included

Tabela 3 – Table 3

Skład gatunkowy micromycetes kolonizujących natywne pióra w glebie gliniastej oraz częstotliwość izolacji (%) zasiedlających je wybranych (*) gatunków

The species composition of micromycetes that colonize native features in loamy soil and isolation frequency (in %) of selected fungi species

Gatunek Species	Czas kontaktu substratu z glebą (w dniach) Time of substrate- soil contact (in days)						
	7	14	30	60	90	120	150
	Liczba izolatów – Number of isolates						
<i>Pythium oligandrum</i> Drechsler	2	0	0	0	0	0	0
<i>Absidia glauca</i> Hagem.	0	0	5	2	2	0	0
<i>Actinomucor elegans</i> (Eidam) Benj. et Hesselst.	0	0	1	0	0	1	0
<i>Cunninghamella elegans</i> Lendner	0	0	0	4	10	4	2
<i>Mortierella</i> sp. *	47	6	9	6	4	16	12
	49,47	5,08	9,27	4,87	2,94	12,69	8,57
<i>Mortierella alpina</i> Peyronel	1	0	0	0	0	0	0
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer *	12	49	10	0	0	0	0
	12,63	41,52	10,30	0	0	0	0
<i>M. ramonissimus</i> Samutsevitsch	1	5	0	4	0	2	2
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenberg	0	5	0	0	0	0	0
<i>Fusarium</i> sp.	0	0	0	3	0	0	0
<i>F. culmorum</i> (Schwabe) Snyder et Hansen	6	0	0	2	0	1	3
<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc. Gordon	2	0	2	6	6	4	3
<i>F. gibbosum</i> Appel, Wollenw.	0	0	0	1	0	0	0
<i>F. oxysporum</i> Schlecht emend. Snyder et Hansen *	1	1	6	12	32	16	16
	1,05	0,84	6,18	9,75	23,52	12,69	11,42
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	0	0	1	2	3	4	3
<i>Fusidium terricola</i> Miller	0	3	0	0	0	0	0
<i>Gliocladium roseum</i> Bain. *	0	15	23	8	10	24	26
	0	12,71	23,71	6,50	7,53	19,04	18,57
<i>Botrytis cinerea</i> Pers ex Nocca, Bald.	0	0	1	0	0	0	0
<i>Paeecilomyces lilacinus</i> (Thom) Samson *	9	10	16	13	17	27	39
	9,47	8,47	16,49	10,56	12,50	21,42	27,85
<i>P. marquandii</i> (Masse) Hughes	0	1	1	0	0	0	0
<i>Penicillium</i> sp.	1	4	0	0	0	0	0
<i>P. chrysogenum</i> Thom	1	0	0	1	0	0	0
<i>P. spinulosum</i> Thom	9	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoderma viride</i> Pers S. F. Gray	0	0	3	0	0	0	0
<i>Verticillium psalliotae</i> Terschow	0	1	2	0	0	0	0
<i>V. chlamydosporium</i> Goddard	0	9	4	0	0	1	3
<i>Humicola fusco-atra</i> Traaen	0	0	0	0	0	1	0
<i>H. grisea</i> Traaen *	0	1	3	17	18	4	4
	0	0,84	3,09	13,82	13,23	3,17	2,85
<i>Chrysosporium pannorum</i> (Link) Hughes	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trichophyton ajelloi</i> (Vanbr.) Ajello *	1	8	10	42	33	21	24
	1,05	6,77	10,30	34,14	24,26	16,66	17,14
<i>Rhizoctonia</i> sp	0	0	0	0	1	0	0
Ogółem – Total	95	118	97	123	136	126	140

Uwzględniono gatunki (*) o okresowej (powyżej 10%) częstotliwości zasiedlenia substratu
Species with periodical (*) (above 10%) frequency of colonization of substrate included

Tabela 4 - Table 4

Skład gatunkowy micromycetes kolonizujących natywne pióra w czarnoziemiu oraz częstotliwość izolacji (%) zasiedlających je wybranych (*) gatunków
 The species composition of micromycetes isolation frequency (in %) of selected fungi that colonize native feathers in chernozem

Gatunek Species	Czas kontaktu substratu z glebą (w dniach) Time of substrate - soil contact (in days)						
	7	14	30	60	90	120	150
	Liczba iz. / w % Number of isolates						
<i>Pythium oligandrum</i> Drechsler	2	1	5	0	0	0	0
<i>Absidia glauca</i> Hagem *	0	0	0	0	2	13	40
	0	0	0	0	1,63	8,55	18,26
<i>Cunninghamella elegans</i> Lendner	0	0	0	0	5	0	2
<i>Mortierella</i> sp. *	40	15	13	8	9	2	6
	50,63	14,70	17,10	9,16	7,37	1,31	2,73
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer *	29	59	17	6	2	0	0
	36,7	57,84	22,36	6,89	1,63	0	0
<i>M. ramonissimus</i> Samutsevitch	2	1	0	0	0	0	0
<i>Zygorhynchus moelleri</i> Vuill.	0	0	0	0	0	0	2
<i>Fusarium oxysporum</i> * Schlecht. emend. Snyder et Hans	2	15	7	6	3	6	12
	2,53	14,70	9,21	6,89	2,45	3,94	5,47
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	0	0	0	0	0	1	2
<i>Gliocladium roseum</i> Bain. *	0	0	4	7	13	26	32
	0	0	5,26	8,04	10,65	17,10	14,81
<i>G. catenulatum</i> Gilm. et Abbott	0	0	0	1	2	0	0
<i>Paecilomyces carneus</i> (Duche et Heim) A. H. S. Brown et G. Sm.	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. farinosus</i> (Holm et S. F. Gray) A. H. S. Brown et G. Sm.	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. lilacinus</i> (Thom) Samson *	0	0	0	1	6	20	29
	0	0	0	1,14	4,91	13,15	13,24
<i>Penicillium</i> sp. (<i>P. jantinelum</i>) *	2	9	21	20	18	9	8
	2,53	8,82	27,63	22,98	14,75	5,92	3,65
<i>P. chrysogenum</i> Thom	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. restrictum</i> Gilman et Abbott	0	0	0	0	1	0	0
<i>Trichoderma viride</i> Pers ex S. F. Gray *	0	0	0	1	15	15	5
	0	0	0	1,14	12,29	9,86	2,28
<i>Verticillium psalliotae</i> Terschow	0	0	0	0	0	4	1
<i>V. chlamydosporium</i> Goddard	0	0	0	0	0	5	1
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Pall.	0	0	0	0	2	3	0
<i>Chaetomium globosum</i> Kunze ex Fr.	0	0	0	1	0	0	0
<i>Humicola grisea</i> Traaen *	0	0	6	31	38	18	5
	0	0	7,89	35,63	31,14	11,84	2,28
<i>Trichophyton ajelloi</i> (Vanbr.) Ajello *	0	0	0	3	2	14	38
	0	0	0	3,44	1,63	9,21	17,35
<i>T. terrestre</i> Durie et Frey complex *	0	0	3	2	4	16	33
	0	0	3,94	2,29	3,27	8,60	15,06
drożdże (yeast)	2	2	0	0	0	0	0
Ogółem - Total	79	102	76	87	122	152	219

Uwzględniono gatunki (*) o okresowej (powyżej 10 %) częstotliwości zasiedlenia substratu
 Species with periodical (*) (above 10 %) frequency of colonization of substrate included

Z 25 oznaczonych gatunkowo lub rodzajowo grzybów aż 11 przejawiało 10 %-ową i wyższą częstość izolacji w różnych okresach badawczych. Były to *Mortierella* sp., *M. hiemalis* oraz *Absidia glauca* z Zygomycetes, *Penicillium* sp. (prawdopodobnie *P. janthinellum*) *T. viride*, *G. roseum*, *P. lilacinus*, *F. oxysporum*, *H. grisea*, *Trichophyton terrestre* i *T. ajelloi* – Deuteromycetes (tab. 4).

Wstępna faza zasiedlania natywnych piór w czarnoziemiu charakteryzująca się dominacją *Mucorales* miała identyczny przebieg jak w glebie gliniastej. W 30 dniu kontaktu ze środowiskiem glebowym zaznaczał się intensywny wzrost na piórach ubikwistycznych form grzybów. Wśród nich *Penicillium* sp. aktywniej kolonizowały substrat niż *F. oxysporum*. Podobnie jak w glebie gliniastej gatunkiem celulolitycznym przejawiającym powinowactwo wobec natywnych piór była *H. grisea*, która maksymalną częstotliwość występowania osiągnęła w 2-3 miesiącu badań (tab. 4).

Wśród grzybów keratynofilnych zasiedlających pióra w czarnoziemiu wykazano obecność *T. terrestre* i *T. ajelloi*. Pierwszych izolacji tych grzybów dokonano odpowiednio 30 i 60 dnia doświadczenia. Zgodnie z obserwacjami poczynionymi dla pozostałych gleb, nasilenie rozwoju gatunków keratynolitycznych wystąpiło pod koniec badań. Warto podkreślić jest wyodrębnienie w tym okresie również wysokiej liczby izolatów *A. glauca* wybitnie alkalofilnego przedstawiciela sprzężniaków glebowych (Griffin, 1970; Domsch, Gams, Anderson, 1980). Wysokiej częstotliwości zasiedlenia piór przez grzyby keratynofilne towarzyszył także wzrost liczby wysobnień *P. lilacinus* i *G. roseum* – obserwowany i w innych badanych glebach. W ostatnim miesiącu doświadczenia charakteryzującym się bardzo znacznym wyczerpaniem substratu, izolacji micromycetes dokonywano z najgrubszych fragmentów piór lub bezpostaciowych ciemnozabarwionych grudek (tab. 4).

Czarna ziemia

Spośród 30 gatunków grzybów zasiedlających pióra w tej glebie (tab. 5) największą częstotliwość wykazywały: *Pythium oligandrum*, *M. hiemalis*, *Chaetomium difformae*, *Botryotrichum piluliferum*, *G. roseum*, *P. lilacinus*, *T. terrestre*, *Chrysosporium pannicola* i *Ch. pruinatum*. Większość wymienionych gatunków nie występowało lub słabo kolonizowało pióra w pozostałych glebach.

Analiza sukcesji ilościowej mikoflory wskazała, że w obrębie grzybów cukrowych najszybciej opanowało pióra *P. oligandrum*. Wyrazem tego było przerośnięcie przez jego strzępki 85 % substratu już w 7 dniu doświadczenia. W drugim tygodniu badań *P. oligandrum* było szybko wypierane przez *M. hiemalis*. Należy zaznaczyć, że ostatni gatunek utrzymywał się na znacznym poziomie (prawdopodobnie z powodu słabego rozwoju antagonistów) aż do drugiego miesiąca badań.

Drugą grupę kolonizatorów grzybowych w czarnej ziemi reprezentowały przede wszystkim gatunki uważane za wybitnie celulolityczne: *B. piluliferum* i *Ch. difformae*.

Maksymalną częstotliwość izolacji ww. gatunków uzyskano w 2-gim (*B. piluliferum*) i 3-cim (*Ch. difformae*) miesiącu po wprowadzeniu substratu do gleby. Omówioną fazę zasiedlania piór słabo natomiast reprezentowały typowe formy polifagiczne grzybów tj. przedstawiciele *Penicillium* czy *Fusarium* (tab. 5).

Obecność przedstawicieli grzybów keratynofilnych stwierdzono już 14 dnia. Początkowo populację tych grzybów reprezentował tylko *T. terrestre* a następnie także *Ch. pannicola* i *Ch. pruinosum*. Częstotliwość izolacji tych grzybów nasilała się wraz ze spadkiem liczby wyosobnień grzybów celulozowych. Ostatnią fazę kolonizacji i eksploatacji piór w czarnej ziemi, wraz z grzybami keratynofilnymi, reprezentowały głównie *P. lilacinus* i *G. roseum* – powszechnie spotykane i w pozostałych badanych glebach.

Obserwacje mikroskopowe wykazały, że w porównaniu z pozostałymi glebami pióra w czarnej ziemi najszybciej traciły strukturę włóknistą (3 miesiąc badań). W 5-tym miesiącu zawartość woreczka stanowiła jedynie niewielką ilość bezstrukturalnych ciemnozabarwionych grudek pokrytych obficie zarodnikującą grzybnią – głównie keratinomycetes.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I Dyskusja

Badania wykazały, że pióra odpadowe w glebie, podobnie jak włosy (Griffin, 1960; de Vries, 1962) charakteryzują się swoistym składem i sukcesją zasiedlającej je mikoflory. Skład gatunkowy mikrogrzybów zmieniał się w czasie a sukcesja miała ilościowy charakter. Jakkolwiek w prezentowanej pracy nie badano pokarmowego podłoża tej sukcesji, analiza mikologiczna zasiedlanego materiału keratynowego wskazuje na sukcesję fizjologicznie zróżnicowanych zespołów micromycetes, takich jak: grzyby cukrowe, polifagi, „korzeniowe” grzyby celulozowe i grzyby keratynolityczne.

Zgodnie z mechanizmem zasiedlania resztek organicznych w glebie (Griffin, 1970) do organizmów pionierskich należały grzyby cukrowe reprezentujące *Zygomycetes* i *Oomycetes*. Najczęściej izolowano *Mortierella* sp., *Mucor hiemalis*, *Zygorrhynchus moelleri* i *Pythium oligandrum*. Wykazano przy tym, że przedstawiciele *Pythium* i *Mortierella* porastały pióra szybciej niż *Mucor* i *Zygorrhynchus*. Wysoka częstotliwość zasiedlania natywnych piór przez mikoflorę wykorzystującą proste związki organiczne występowała przede wszystkim w pierwszym miesiącu kontaktu tego substratu z glebą. Jak wynika z badań Griffina (1960) liczne gatunki *Oomycetes* i *Zygomycetes* charakteryzowały również wstępną fazę kolonizacji włosów w glebie. Według Parkinsona (Cole i Kendrick, 1981) większość grzybów cukrowych po wykorzystaniu rozpuszczalnych frakcji materii organicznej, przechodzi w formy spoczynkowe w otaczającej glebie.

Tabela 5 - Table 5

Skład gatunkowy micromycetes kolonizujących natywne pióra w czarnej ziemi oraz częstotliwość izolacji (%) zasiedlających je wybranych (*) gatunków
 The species composition of micromycetes isolation frequency (in %) of selected fungi that colonize native feathers in black soil

Gatunek Species	Czas kontaktu substratu z glebą (w dniach) Time of substrate-soil contact (in days)						
	7	14	30	60	90	120	150
	Liczba izolatów - Number of isolates						
<i>Pythium oligandrum</i> Drechsler *	60	30	28	4	2	3	3
	80	41,66	33,73	6,19	2,59	2,47	1,43
<i>Absidia glauca</i> Hagem	0	0	0	1	3	2	0
<i>Cunninghamella elegans</i> Lendner	0	0	0	2	4	0	0
<i>Mortierella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	12
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer *	6	36	44	30	2	0	2
	8	50	53,01	38,96	2,59	0	0,95
<i>M. strictus</i> Hagem	1	0	0	0	0	0	0
<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc. Gordon	1	0	0	0	0	0	0
<i>F. oxysporum</i> (Schlecht) Sn. et H.	2	0	1	0	2	0	8
<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.	3	1	2	0	4	0	4
<i>Gliocladium roseum</i> Bain *	0	0	1	2	2	9	30
	0	0	1,20	2,59	2,59	7,43	14,35
<i>Paecilomyces marquandi</i> (Masse) Hughes	0	0	0	0	0	0	1
<i>P. lilacinus</i> (Thom) Samson *	0	0	0	2	8	19	35
	0	0	0	2,59	10,3	15,70	16,74
<i>Penicillium chrysogenum</i> Thom	1	0	0	0	0	0	0
<i>P. frequentans</i> Westling	0	0	0	0	0	0	2
<i>P. janthinellum</i> Biourge	0	0	2	0	0	0	0
<i>P. rugulosum</i> Thom	1	0	0	0	0	0	0
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> (Sacc.) Bain.	0	0	0	0	0	0	1
<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	0	0	0	0	0	1	0
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi	0	0	0	0	0	3	1
<i>Verticillium chlamydosporium</i> Goddard.	0	0	0	0	2	5	14
<i>V. psalliotae</i> Terschow	0	0	0	0	2	9	18
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Pall *	0	1	1	24	4	2	1
	0	1,38	1,20	31,16	5,19	1,65	0,95
<i>Chaetomium difformae</i> W. Gams *	0	1	1	8	24	20	2
	0	1,38	1,20	10,38	31,16	16,52	0,43
<i>Humicola</i> sp.	0	1	0	1	0	0	0
<i>H. grisea</i> Traaen	0	1	1	1	2	2	1
<i>Trichophyton terrestre</i> Durie ex Frey *	0	1	2	2	6	16	20
complex	0	1,38	2,4	2,59	7,79	13,22	9,56
<i>Chrysosporium pannicola</i> (Corda) Oorschot *	0	0	0	0	8	18	24
et Stalpers	0	0	0	0	10,38	14,87	11,48
<i>C. pruinosum</i> Gilman et Abbott *	0	0	0	0	2	10	21
	0	0	0	0	2,59	8,26	10,04
<i>C. pannorum</i> (Link) Hughes	0	0	0	0	0	2	0
<i>Sclerotium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	9
Ogółem - Total	75	72	83	77	77	121	209

Uwzględniono gatunki (*) o okresowej (powyżej 10%) częstotliwości zasiedlenia substratu
 Species with periodical (*) (above 10%) frequency of colonization of substrate included

Strzępki tych grzybów, jak to wielokrotnie obserwowano (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980; C o l e, K e n d r i c k, 1981; S u b r a m a n n i a n, 1983), mogą być także zasiedlane przez formy mikopasożytnicze np. *Trichoderma viride*. Zjawisko to mogło między innymi przyczynić się do szybkiego spadku gęstości zasiedlania piór w glebie piaszczystej przez *M. hiemalis*, który jest wrażliwy (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980) na wymienionego antagonistę.

W niniejszej pracy wykazano, że grzyby ubikwistyczne pojawiały się często razem z przedstawicielami grzybów cukrowych i utrzymywały się aż do końca badań w zmieniającym się składzie gatunkowym i gęstości populacji. Populacja tych grzybów stanowiła zespół niejednorodny obejmujący zarówno gatunki o szerokim spektrum substratowym (typowo polifagiczne) reprezentujące rodzaje m.in. *Penicillium*, *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Fusarium* jak i formy o węższym zakresie wykorzystywanych pokarmów, w szczególności grzyby celulolityczne, jak *Humicola*, *Chaetomium*, *Botryotrichum*. Przedstawiciele wymienionych rodzajów izolowano również powszechnie z włosów umieszczonych w glebie (G r i f f i n, 1960; d e V r i e s, 1962).

Z badań własnych wynika, że typowe polifagi pojawiły się na ogół wcześniej niż grzyby celulolityczne, a formy antagonistyczne *T. viride*, *Penicillium* sp., *Gliocladium virens* zazwyczaj „utrudniały rozwój” formom nie antagonistycznym lub słabiej współzawodniczącym np. *Fusarium*.

Należy przypuszczać, że ze względu na złożoną budowę chemiczną piór, podobnie jak innych naturalnych keratyn (d e V r i e s, 1962; L e e, B a d e n, 1975), podłoże sukcesji pokarmowej polifagicznych i celulolitycznych micromycetes miało również złożony charakter. Prawdopodobnie wcześniejsze zasiedlanie natywnych piór przez typowe polifagi wynikało z asymilacji łatwiej przyswajalnych polimerów organicznych. Natomiast późniejsze, w porównaniu z tymi grzybami, przerastanie piór przez „korzeniowe” grzyby celulolityczne wskazywało na dostosowanie do degradacji trudniej dostępnych połączeń niekeratynowych. E n g l i s h (1965) uważa, że gatunki celulolityczne z rodzajów *Botryotrichum* i *Chaetomium*, powodujące destrukcję włosa za pomocą specjalnych strzępek penetrujących w głąb ("boring hyphae") przyswajają jedynie substancje cementujące (zawierające głównie polisacharydy) bez naruszenia włókien keratyny. Niezdolność wymienionych grzybów do rozkładania keratyny potwierdzili w ostatnich latach S a f r a n e k i G o o s (1982), wykazując brak pozytywnej reakcji sulfitolizy czyli rozbitcia wiązań S-S keratyny w hodowlach tych grzybów na wełnie.

Z badań własnych wynika, że w trakcie kolonizacji piór, wysokiej częstotliwości izolacji grzybów typowo keratynolitycznych towarzyszyło szybkie wyczerpywanie tego substratu z gleby. Maksymalny rozwój keratynofilnych micromycetes (*Trichophyton ajelloi*, *T. terrestre*, *Chrysosporium* sp., stwierdzono po „przejściu fali” kolonizatorów nie-keratynofilnych, tj. po blisko 3-4 miesięcznym kontakcie substratu keratynowego z glebą. Podobnie jak autorzy śledzący grzybową sukcesję na włosach (G r i f f i n, 1969; d e V r i e s, 1962) uważamy dziś, że przyczyną tego

zjawiska była konkurencja pokarmowa. Silniej współzawodniczące gatunki nie-keratynofilne rozprzestrzeniły się szybciej, asymilując łatwiej dostępne pokarmy, niż gatunki słabiej konkurujące, rozkładające oporną na degradację frakcję keratynową. Interesującym jest fakt, że zasiedlaniu piór przez keratinomycetes towarzyszyła stymulacja wzrostu niektórych nie-keratynofilnych grzybów cechujących się silnymi uzdolnieniami proteolitycznymi, a w szczególności *Paecilomyces lilacinus* (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980). Według M a t h i n s o n a (1964) wysoka aktywność proteolityczna wielu nie-keratynofilnych grzybów glebowych jest przyczyną potencjalnych właściwości keratynolitycznych tych drobnoustrojów. Dotychczas brak jest jednak dobrze udokumentowanych danych na temat uzdolnień keratynolitycznych takich grzybów jak *P. lilacinus* czy *G. roseum* (J a i n, A g r a w a l, 1980; K u s h w a b e, 1983). Uwzględniając natomiast fakt, że aktywność proteolityczna mikroorganizmów może być również związana z rozkładem polipeptydów, niewykluczone jest, że wymienione gatunki wykorzystywały produkty enzymatycznego rozszczepienia keratyny przez grzyby keratynofilne. Ponadto wydaje się, że podłożem do wzrostu niektórych grzybów izolowanych w końcowej fazie zasiedlania i eksploatacji natywnych piór mogły być strzępki innych grzybów oraz obecna na tym substracie w glebie (mikroskop), mezofauna glebowa bowiem z zasiedlanego materiału izolowano gatunki znane (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980; C o l e, K e n d r i c k, 1981; S u b r a m a n i a n, 1983) jako formy grzybobójcze (*G. roseum*), nicieniobójcze (*Verticillium psalliotae*) bądź chitynofilne (m.in. *P. lilacinus*) kolonizujące często martwą grzybnię i faunę glebową.

Z badań własnych wynika, że jakiegokolwiek fizjologiczne zróżnicowanie mikoflory zasiedlającej pióra w glebie było uwarunkowane głównie chemicznym charakterem substratu, jej skład gatunkowy był w dużym stopniu zależny od właściwości gleby, w szczególności pH. Wyraźnie uwidoczniło się to zwłaszcza w przypadku mikoflory keratynofilnej. O ile populację tych grzybów w glebach kwaśnych (tab. 1) reprezentował prawie wyłącznie *T. ajelloi*, rzadko izolowany z gleb o pH > 6 (M a r p l e s, 1965) to w glebie lekko alkalicznej (czarna ziemia) notowano *T. terrestre* i *Chrysosporium* sp. preferujące (P u g h, 1966) środowiska zbliżone do neutralnych lub zasadowe. Również w przypadku „korzeniowych” grzybów celulolitycznych gatunki z rodzajów słabo tolerancyjnych na kwaśny odczyn *Botryotrichum*, *Chaetomium* (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980), dobrze rosły przede wszystkim na piórach w czarnej ziemi. Z pozostałych gleb o odczynie kwaśnym wyorębniono głównie *Humicola grisea*. Ponieważ *H. grisea* jest równocześnie alkalofilna (D o m s c h, G a m s, A n d e r s o n, 1980), wzrostowi zasiedlania piór przez ten grzyb w glebach gliniastej i czarnoziemnie sprzyjała prawdopodobnie lokalna alkalizacja wywołana uwalnianiem amoniaku w trakcie rozkładu piór (K o r n i l l o w i c z, nie publik.). Zjawisko to tłumaczyłoby również zasiedlanie piór w niektórych glebach kwaśnych przez zasadolubny gatunek *Absidia glauca*.

Do znacznie mniej uchwytnych (w zależności od czynników ekologicznych) należały zmiany florystyczne mikoflory cukrowej i typowo polifagicznej. Przymuszczalnie uwarunkowane to było daleko większą tolerancją tych grzybów na zmiany środowiska oraz wysoką zdolnością saprofitycznego współzawodnictwa.

Przeprowadzone badania własne wskazały, że rozkład substratu keratynowego przebiegał najszybciej w czarnej ziemi. Sądzymy, że wynikało to zarówno z najwyższej w tej glebie częstotliwości występowania grzybów keratynofilnych, jak również odczynu ($\text{pH} > 7$) zbliżonego do optymalnego dla keratynolizy grzybowej (Böhme, Ziegler, 1969) oraz dużej zawartości próchnicy (tab. 1). Jak donoszą Chmeli i Vlačilikova (1975, 1977) liczebność grzybów keratynofilnych jest najwyższa w glebach o wysokim poziomie humusu oraz $\text{pH} > 7$. Poszukując więc aktywnych keratynolitycznie saprofitycznych szczepów grzybów należy przede wszystkim uwzględnić gleby o dużej zawartości materii organicznej oraz cechujące się odczynem neutralnym lub lekko zasadowym.

LITERATURA

- Böhme H., Ziegler H., 1969. The distribution of geophilic dermatophytes and other keratinophilic fungi in relation to the pH of the soil. *Mycopathol. et. Mycol. Appl.* 38: 247-255.
- Carmichael J. W., 1962. *Chrysosporium* and some other aleuriosporic *Hypomyces*. *Can. J. Bot.* 40: 1137-1173.
- Chmeli L., Vlačilikova A., 1975. The ecology of keratinophilic fungi at different depths of soil. *Sabouraudia* 13: 185-191.
- Chmeli L., Vlačilikova A., 1977. Keratynofilne huby v niektorých podných typoch a factory ovplyvnujúce ich zastupenie. *Biologia (Bratislava)* 32: 53-59.
- Cole G. T., Kendrick B., 1981. *Biology of Conidial Fungi*. 1, 2. Acad. Press, New York.
- Dominik T., 1967. *Chrysosporium* Corda 1833. *Zesz. Nauk. WSR, Szczecin*. 24: 37-66.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H., 1980. *Compendium of Soil Fungi*. 1. Acad. Press, London.
- English M. P., 1965. The saprophytic growth of non-keratinophilic fungi on keratinized substrata and a comparison with keratinophilic fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 48: 219-235.
- Griffin D. M., 1960. Fungal colonization of sterile hair in contact with soil. *Ibid.* 43: 583-596.
- Griffin D. M., 1972. *Ecology of soil Fungi*. Chapman and Hall, London.
- Jain P. C., Agrawal S. C., 1980. A note on the keratin decomposing capability of some fungi. *Trans. Mycol. Soc. Japan*. 21: 513-517.
- Jain M., Shukla P. K., Grivastava O. P., 1985. Keratinophilic fungi and dermatophytes in Lucknow soil with their global distribution. *Mycosen*. 28: 148-153.
- Kushwaha R. K. S., 1983. The in vitro degradation of peacock feathers by some fungi. *Mycosen*. 26: 324-326.
- Lee D. L., Baden H. P., 1975. Chemistry and composition of the keratins. *J. Dermatol.* 14: 161-171.
- Marples M. J., 1965. The distribution of keratinophilic fungi on soil from New Zealand and from two polynesian island. *Mycopathologia*. 25: 361-372.
- Mathison C. E., 1964. The microbial decomposition of keratin. *Ann. de la Soc. Belge de Med. Trop.* 44: 767-792.
- Messiaen C. M., Cassini R., 1968. Recherches sur les Fusarioses. IV - La systematique des *Fusarium*. *Ann. Epiphyties*. 19: 387-454.
- Novak J. J., Nickerson W. J., 1959. Decomposition of native keratin by *Streptomyces fradiae*. *J. Bacteriol.* 77: 251-263.

- Oorschot van C. A. N., 1980. A revision of *Chrysosporium* and allied genera. *Studies Mycol.* 20.
- Otcenasek M., Dvorak J., 1975. Ecological classification of dermatophytes. *Mycosen.* 18: 425-434.
- Peberdy J. F., 1987. *Penicillium* and *Acremonium*. *Biotechnology Handbooks*, 1. Plenum Press. New York - London.
- Pugh G. J. F., 1966. Associations between birds, nests, their pH and keratinophilic fungi. *Sabouraudia.* 5: 49-53.
- Safranek W. W., Goos R. D., 1982. Degradation of wool by saprotrophic fungi. *Can. J. Microbiol.* 28: 137-140.
- Skirgiello A., Zadura M., 1979. *Grzyby*, (Mycota) 10. PWN Warszawa.
- Subramanian C. V., 1983. *Hyphomycetes*. *Taxonomy and Biology*. Acad. Press. London - New York.
- Ulfig K., 1985. Dermatofity i inne grzyby keratynofilne w odpadach komunalnych. *Roczn. PZH.* 36: 497-504.
- Vries de G. A., 1962. Keratinophilic fungi and their action. *Antonie an Leeuwen.* 28: 122-133.

SUMMARY

The objective of the present paper was to study the species composition and succession of mycoflora colonizing raw keratin wastes (feather) in arable soil. The four following soils were studied: sandy, loamy, chernozem and black soil.

The investigations were carried out in laboratory conditions according to the keratin baiting method. Bags of substrate were periodically removed and analysed mycologically. Each time 70 sections of feathers were sampled and set out on Sabouraud glucose agar with streptomycin and chlorocycline.

The conducted studies proved, that feathers just as hair in soil are characterized by a succession of physiologically differentiated micromycetes communities that include sugar fungi, polyphages, "root" cellulolytic and keratinolytic fungi. The species composition of feather colonizers changed in course of time while species succession demonstrated a quantitative character.

The initial phase of feather colonization shows the dominance of sugar fungi such as *Mortierella* sp., *Mucor* sp. These fungi were replaced by typical polyphages and fungi of strong cellulolytic abilities. It was found that polyphages with antagonistic features i.e. *Trichoderma viride*, *Gliocladium virens*, *Penicillium* sp. expanded faster compared to *Fissarium* sp. - a faint competitor. The cellulolytic forms such as: *Fumicola*, *Botryotrichum*, *Chaetomium* obtained the maximum colonization of the substrate later than nutritively undeveloped polyphages. The final stage of feather colonization connected with the fast depletion substrates was characterized by a high number of keratinophilic fungi isolates i.e. *Trichophyton ajelloi*, *T. terrestre*, *Chrysosporium* sp. as well as fungi known for their fairly intensive proteolytic properties: *Paecilomyces lilacinus*.

The present studies show that, although, the physiological composition of micromycetes that colonize feather was mainly conditioned by the chemical character of substrate, the species composition of the microbes depended on the soil property itself especially pH. The effect clearly appeared in the nutritively developed forms.