

AGNIESZKA MOCEK-PŁÓCINIĄK, ELŻBIETA J. BIELIŃSKA, AGNIESZKA WOLNA-MARUWKA, BARBARA FUTA

Wpływ sposobu rewitalizacji pożarzyska na stan mikrobiologiczny gleb 20 lat po całkowitym pożarze lasu

Effect of the revitalisation method on microbial activity of soils 20 years after the complete burn-out

ABSTRACT

Mocek-Płóćiniak A., Bielińska E. J., Wolna-Maruwka A., Futa B. 2016. Wpływ sposobu rewitalizacji pożarzyska na stan mikrobiologiczny gleb 20 lat po całkowitym pożarze lasu. Sylwan 160 (3): 247-255.

The article assesses the influence of method of revitalisation of the forest fire site in Potrzebowice Forest District (western Poland) on basic parameters of the microbial activity in soils. We investigated study plots established in 1994, two years after the forest had burnt down completely. We applied three different methods of soil preparation and planted either Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) or grey alders (*Alnus incana* (L.) Moench.). For comparisons an area of natural succession and untreated control plot, which was located beyond the range of the fire, were taken. 18 years after the application of the methods of renewal of the fire site, the soils have not undergone full microbiological regeneration. The soils at the fire site were mainly colonised by heterotrophic eubacteria. The population of these microorganisms, which were usually found in fresh litter and in the strict rhizosphere, was greater than in the soil of the control plot. On the other hand, there were low populations of actinobacteria, which regenerated poorly, especially at the accumulation and humus levels of the post-fire soils. The population of fungi was also lower than in the control soil. The applied methods of the fire site renewal have not had significant influence on the microbiological state of the soils under investigation. However, the rate of regeneration of the microbiocenosis after the fire in the forest soils was much faster in the case of artificial renewal than in natural succession.

KEY WORDS

post-fire soils, soil microbial activity, microorganisms, revitalization

ADDRESSES

Agnieszka Mocek-Płóćiniak ⁽¹⁾ – e-mail: agam-p@up.poznan.pl
Elżbieta J. Bielińska ⁽²⁾, Agnieszka Wolna-Maruwka ⁽¹⁾, Barbara Futa ⁽²⁾

⁽¹⁾ Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu;
ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań

⁽²⁾ Instytut Gleboznawstwa, Inżynierii i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie;
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin

Wstęp

Wielkoobszarowy pożar lasu w Nadleśnictwie Potrzebowice, który miał miejsce w 1992 roku, zniszczył drzewostan oraz spowodował degradację ubogich gleb rdzawych poprzez całkowite wypalenie materii organicznej i biomasy drobnoustrojów [Mocek i in. 2004; Zwoliński i in. 2004].

Odtworzenie po pożarze w glebach leśnych mikrobiocenozy, gwarantującej utrzymanie ich żyzności, jest procesem długotrwałym. Zależy ono od wielu czynników, w tym: typu siedliska, warunków meteorologicznych, glebowych i fitosocjologicznych oraz w dużej mierze od sposobu zagospodarowania pożarzyska [Olszowska 2002; Zwoliński i in. 2004; Bielińska i in. 2008]. Skuteczność rekultywacji pożarzysk wielkoobszarowych uwarunkowana jest m.in. odpowiednim przygotowaniem gleby oraz właściwym doбором gatunków roślin [Olejarski 2003; Kaczmarek i in. 2011].

Destrukcyjny wpływ pożaru na właściwości biologiczne gleb leśnych przejawia się przede wszystkim niszczącym działaniem na liczebność i skład mikroflory [Fritze i in. 1993; Pietikäinen, Fritze 1993; Prędecka 2011]. W skrajnych przypadkach pożar całkowity lasu może doprowadzić do znacznej sterylizacji gleby [Kowalski, Obłóza 1997; Januszek i in. 2001]. Gleby popożarowe nabierają cech hydrofobowych. Następuje zmiana struktury koloidów glebowych i tworzenie się piromorficznego humusu, oddziałującego negatywnie na rozwój mikroorganizmów [Bååth i in. 1995; Pietikäinen, Fritze 1995; Eivazi, Bayan 1996; Olejarski 2003]. Rekolonizacja pedonu następuje stopniowo, głównie z przeżywających pożar form przetrwalnych drobnoustrojów oraz przez drobnoustroje przeniesione z terenów sąsiednich, nieobjętych pożarem [Hauke-Pacewiczowa, Trzcińska 1980]. Czynnikiem modyfikującym odbudowujące się populacje mikroorganizmów glebowych są zmiany właściwości chemicznych gleb na pożarzyskach [Pietikäinen, Fritze 1995; Januszek i in. 2001; Bielińska, Mocek-Płóćiniak 2009].

Celem badań była ocena wpływu sposobu rewitalizacji pożarzyska w Nadleśnictwie Potrzebowice na stan mikrobiologiczny gleb 20 lat po całkowitym pożarze lasu. Oceny tej dokonano na podstawie określenia liczebności grup drobnoustrojów podstawowych dla mikroflory poziomów próchnicznych gleb leśnych w Polsce (heterotroficznych bakterii właściwych, grzybów oraz promieniowców) na tle wybranych właściwości chemicznych mających istotne znaczenie z punktu widzenia oceny biologicznego stanu gleby.

Material i metody

Badania przeprowadzono na pożarzysku zlokalizowanym w środkowo-północnej części Puszczy Noteckiej, na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice, na rekultywowanych w różny sposób glebach rdzawych i ochrowych (Arenosols) [Systematyka... 2011; World... 2014]. Prace rekultywacyjne realizowała Katedra Hodowli Lasu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Powierzchnie doświadczalne, obejmujące łącznie 7,5 ha, zostały założone w 1994 roku, dwa lata po całkowitym pożarze około 60-letniego drzewostanu sosnowego, na siedlisku boru świeżego (Bśw) – typowego dla Puszczy Noteckiej [Ceitel i in. 1997].

Badaniami objęto powierzchnię sukcesji naturalnej (SN) oraz powierzchnie, na których zastosowano trzy odmienne sposoby przygotowania gleby (I, II, III) w nasadzeniach sosną zwyczajną (*Pinus sylvestris* L.) – (S) lub olszą szarą (*Alnus incana* (L.) Moench.) – (O), odpowiednio: SI, SII, SIII i OI, OII, OIII. Gleba na powierzchni I została wyłączona z uprawy mechanicznej, a jej przygotowanie polegało na wykonaniu, przy użyciu łopatk, jamki w miejscu umieszczenia sadzonki. W ten sposób nie doszło do naruszenia poziomu organiczno-mineralnego. Na powierzchni II zastosowano pełną uprawę mechaniczną poprzez wykonanie płytkiej orki do głębokości 30 cm za pomocą pługa talerzowego. Zabieg ten spowodował wymieszanie resztek poziomu organicznego gleby z warstwą mineralną. Na powierzchni III wyorano przy użyciu pługa leśnego LPZ-75 bruzdy w odstępach 1,5 m, a ich dno zostało dodatkowo spulchnione pogłębiaczem do głębokości 40 cm. Na tak powstałych pasach posadzono drzewka. Poziom organiczny został usunięty z obszaru bruzdy i po odwróceniu wyoranej skiby zalegał w międzyrzędziach przysypany

częścią mineralną gleby. Do odnowienia, które przeprowadzono wiosną 1994 roku, użyto 2-letnich sadzonek. Poszczególne drzewka wysadzano w jamkę w więźbie wynoszącej 1,5×0,5 m dla sosny oraz 1,5×1,0 m dla olszy [Ceitel i in. 1997]. Powierzchnię sukcesyjną (SN) założono na nieuporządkowanym zrębie w odległości około 70 m od ocalałego fragmentu drzewostanu sosnowego. Wszystkie rosnące tam rośliny były efektem spontanicznej sukcesji roślinności na terenie pożarzyska [Bielińska, Mocek-Płóciński 2009].

W czerwcu 2012 roku z ośmiu punktów na każdej z wytypowanych powierzchni badawczych pobrano po odsunięciu ściółki indywidualne próbki glebowe z głębokości 0-10 cm i 10-20 cm, a następnie po utworzeniu tzw. próbki średniej w każdej z nich oznaczono (w pięciu powtórzeniach) wybrane właściwości chemiczne oraz mikrobiologiczne. Z analogicznych głębokości pobrano także próbki glebowe z naturalnego, nienaruszonego przez pożar kompleksu leśnego, sąsiadującego bezpośrednio z pożarzyskiem, który potraktowano jako powierzchnię kontrolną (L).

W materiale glebowym oznaczono węgiel organiczny i azot ogółem autoanalizatorem Vario Max CNS, pH w H₂O i w 1 mol KCl/dm³ – potencjometrycznie, a także metodą płytek lanych według Kocha ogólną liczebność heterotroficznych bakterii właściwych na podłożu gotowym standard count agar firmy Merck po 24-godzinnej inkubacji w temperaturze 35°C, ogólną liczebność promieniowców na podłożu Pochona [Kańska i in. 2001], inkubując płytki przez 7 dni w temperaturze 26°C, oraz ogólną liczebność grzybów pleśniowych na podłożu Martina po 5 dniach inkubacji w temperaturze 24°C [Martin 1950].

Wyniki oznaczeń mikrobiologicznych poddano obliczeniom statystycznym, wykorzystując program Statistica 11.0.

Wyniki i dyskusja

Gleby analizowanych powierzchni należą do typu gleb rdzawych, podtypu rdzawych typowych (Brunic Arenosols) lub rdzawych z cechami bielcowania (Albic Brunic Arenosols) oraz typu gleb ochrowych, podtypu ochrowych typowych (Rubic Arenosols). Pod względem uziarnienia reprezentują piaski luźne, o śladowej zawartości frakcji ilowej (0-1%). Większość próbek glebowych pobranych z głębokości 0-10 cm pochodziła z poziomów akumulacyjno-próchnicznych (A). Próbki z głębokości 10-20 cm, z wyjątkiem obiektów SII i OII, reprezentowały poziomy wzbogacenia – Bv gleb rdzawych bądź Bo gleb orchowych. W obiektach SII i OII zarówno próbki z głębokości 0-10, jak i 10-20 cm pochodziły z wymieszanych poziomów akumulacyjno-próchnicznych – A wymieszanych z poziomami wzbogacenia – Bv. Znalazło to wyraźne odzwierciedlenie w zawartości węgla organicznego i azotu ogółem (tab.). Na powierzchniach po pożarze w wierzchnich warstwach badanych gleb (0-10 cm) zanotowano mniejszą zawartość węgla organicznego i azotu ogółem w porównaniu z obiektem kontrolnym, odpowiednio w zakresie od około 5% (SN) do około 60% (SII i OII) i od około 40% (SN) do około 70% (SII i OII). Natomiast w głębszych poziomach (10-20 cm) zawartość materii organicznej (wyrażona zawartością węgla organicznego) była większa w glebach pożarzyska niż w glebie pochodzącej z powierzchni kontrolnej (L) (tab.), co mogło być skutkiem przemieszczania dość odpornych na mineralizację organicznych związków hydrofobowych – powstałych w wyniku wysokiej temperatury – z poziomów akumulacyjno-próchnicznych do poziomów wzbogacenia podczas zabiegów rekultywacyjnych oraz erozji wodnej zachodzącej na odkrytej powierzchni gleb [Januszek i in. 2001]. Podobne rezultaty badań uzyskali także Olejarski [2003] oraz Kaczmarek i in. [2011], analizując właściwości fizyczno-chemiczne gleb zdegradowanych przez pożar i poddanych procesowi rekultywacji. W poziomach wierzchnich (0-10 cm) gleb badanego pożarzyska zawartość węgla organicznego i azotu ogółem była na większości powierzchni (SN, I i III) większa niż w warstwach 10-20 cm

Tabela.

Odczyn, zawartość węgla organicznego (C_{org} [g/kg]) i azotu ogółem (N_{og} [g/kg]) oraz wartość stosunku C/N dla badanych gleb

Reaction, organic carbon content (C_{org} [g/kg]), total nitrogen (N_{og} [g/kg]) and C/N ratio for investigated soils

	[cm]	pH H ₂ O	pH KCl	C_{org}	N_{og}	C/N
SN	0-10	5,06	4,14	17,8	0,7	25,4
	10-20	5,04	4,40	8,5	0,4	21,2
SI	0-10	5,50	3,91	16,3	0,8	20,3
	10-20	5,04	4,49	6,0	0,3	20,0
SII	0-10	5,24	3,76	7,6	0,3	25,3
	10-20	5,08	4,66	8,1	0,4	20,2
SIII	0-10	4,62	3,44	9,2	0,4	23,0
	10-20	5,29	4,36	8,8	0,4	22,0
OI	0-10	5,09	4,60	10,9	0,6	18,1
	10-20	5,18	4,37	10,3	0,5	20,6
OII	0-10	5,18	4,38	8,0	0,3	26,6
	10-20	5,08	4,42	13,7	0,7	19,5
OIII	0-10	4,72	3,88	14,4	0,6	24,0
	10-20	5,12	4,54	9,6	0,4	24,0
L	0-10	4,55	3,27	18,7	1,1	17,0
	10-20	5,02	4,16	5,1	0,3	17,0

SN – sukcesja naturalna, S – odnowienie sosną zwyczajną, O – odnowienie olszą szarą, I – przygotowanie ręczne, II – płytka orka, III – bruzdy, L – kontrola

SN – natural succession, S – revitalisation with Scots pine, O – revitalisation with grey adler, I – manual soil preparation, II – shallow ploughing, III – furrows, L – control

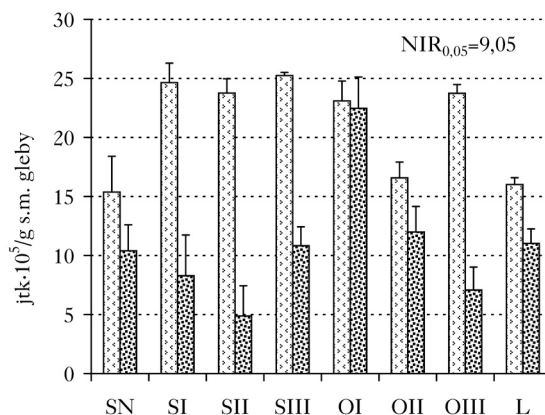
(tab.). Wiązało się to m.in. z zachowaniem naturalnego układu pedogenicznego, wzbogaconego w próchnicę. Natomiast w przypadku przygotowania gleby przed sadzeniem poprzez orkę do głębokości 30 cm za pomocą pługa talerzowego (SII i OII), gdzie nastąpiło całkowite usunięcie resztek poziomu organicznego i równomierne wymieszanie go z warstwą mineralną (efekt rozcieńczenia), zawartości C_{org} i N_{og} w warstwie 10-20 cm były większe niż w poziomie powierzchniowym (0-10 cm) (tab.). Mogło to wynikać także z szybszej mineralizacji materii organicznej pozostającej po pożarze w poziomach przypowierzchniowych (silniejsze natlenienie) oraz przemieszczenia niespalonej części materii organicznej głębiej (10-20 cm) na skutek wykonanego zabiegu agrotechnicznego. Warto podkreślić, że wierzchnie warstwy (0-10 cm) gleb tej powierzchni cechowały się najmniejszą zawartością C_{org} , tj. 7,6 g/kg (SII) i 8,0 g/kg (OII) (tab.). Wpływ gatunku drzewa na zawartość węgla i azotu w glebach pożarzyska był niejednoznaczny. Najkorzystniejsze pod tym względem warunki występowały na powierzchni sukcesyjnej (tab.), co jest potwierdzeniem wyników uzyskanych we wcześniejszych badaniach [Bielińska i in. 2008; Bielińska, Mocek-Płóćiniak 2009].

Stosunek C/N w większości analizowanych gleb pochodzących z powierzchni po pożarze był dość wyrównany i kształtował się powyżej 20 (tab.), co wraz z dużym zakwaszeniem stwarza niekorzystne warunki do przemian materii organicznej [Konecka-Betley i in. 2002]. Próbki gleby, bez względu na to, z jakiej powierzchni pochodziły, charakteryzowały się bardzo silnym zakwaszeniem (tab.). Wartości pH_{KCl} zawierały się w przedziale 3,44-4,66. W glebach leśnych obniżenie pH powodują głównie kwaśne depozycje, biologiczne zakwaszenie oraz wymywanie składników zasadowych. W lasach produkcją biomasy wiąże się z reguły z pobieraniem większej ilości składników pokarmowych w formie kationowej niż anionowej i uwalnianiem do gleby jonów wodorowych [Pokojska 1998]. Rośnie też rozpuszczalność mineralnych składników gleby, a w roztworze

zmieniają się ich proporcje [Kurek 2002]. Po upływie 20 lat od pożaru gleby na pożarzysku wykazywały nadal większe wartości pH w porównaniu z glebą kontrolną (L): w granicach 0,07-0,09 jednostki pH w H_2O i 0,17-1,33 pH w 1 mol KCl/dm³ w warstwie 0-10 cm oraz 0,02-0,27 jednostki pH w H_2O i 0,20-0,50 pH w 1 mol KCl/dm³ w warstwie 10-20 cm. W powierzchniowych warstwach gleb z pożarzyska najmniejsze wartości pH zanotowano w przypadku powierzchni III (tab.). Z reguły nieco silniejsze zakwaszenie niż w warstwach 10-20 cm obserwowano w poziomach powierzchniowych (0-10 cm). Można to uzasadnić silniejszym przerośnięciem tej strefy gleby korzeniami roślin. Wiele bakterii ryzosferowych produkuje niskocząsteczkowe kwasy organiczne, takie jak: cytrynowy, szczawiowy, jabłkowy, bursztynowy, salicylowy, galasowy i asparaginowy. Kwasy te są rozpuszczalne w wodzie i mogą mieć istotny udział w zakwaszaniu gleb poprzez uwalnianie po dysocjacji protonów wodoru do roztworu glebowego [Kurek 2002].

Przeprowadzone badania wykazały, że w wierzchniej warstwie (0-10 cm) gleb popożarowych na powierzchniach sztucznie odnowionych (I, II i III) ogólna liczebność heterotroficznych bakterii właściwych była wyraźnie większa niż w glebie kontrolnej, aczkolwiek w większości nie były to różnice statystycznie istotne. W przypadku powierzchni sukcesyjnej liczebność tej grupy drobnoustrojów glebowych kształtowała się na takim samym poziomie jak w glebie poza zasięgiem pożaru (ryc. 1). Wyniki te wskazują, że w powierzchniowych warstwach gleb na pożarzysku rozmnożyły się głównie nie te formy bakterii, które bytują w naturalnych glebach leśnych, lecz takie, które charakteryzują mikroflorę ściółki leśnej lub zasiedlają fyllosferę [Hauke-Pacewiczowa, Trzczińska 1980; Dahm i in. 1986]. W głębszych warstwach gleb (10-20 cm) wyraźnie większą liczebność bakterii heterotroficznych na pożarzysku niż w glebie kontrolnej stwierdzono wyłącznie w przypadku powierzchni OI (ryc. 1), co potwierdza, że bakterie te pochodzą ze świeżej ściółki, a także zostały przeniesione z sąsiednich, nieobjętych pożarem terenów. W przypadku relatywnie wysokiej liczebności bakterii heterotroficznych oznaczonej w warstwie 10-20 cm gleby obiektu OI mogły one przeniknąć z niższych poziomów glebowych [Hauke-Pacewiczowa, Trzczińska 1980; Jaworski i in. 2007]. Próbkę glebową pobraną z głębokości 0-10 cm cechowały się większą liczebnością bakterii heterotroficznych niż warstwy 10-20 cm. Taka prawidłowość wiąże się w głównej mierze z profilowym rozmieszczeniem próchnicy w glebie oraz większym napowietrzeniem powierzchniowej warstwy gleby. Nie wykazano istotnego wpływu sposobu przygotowania gleby oraz gatunku drzewa na liczebność bakterii heterotroficznych (ryc. 1).

Promieniowce, zwłaszcza w poziomach akumulacyjno-próchnicznych (0-10 cm) gleb badanego pożarzyska, w większości przypadków odrodziły się w niewielkim stopniu (ryc. 2). W poziomach



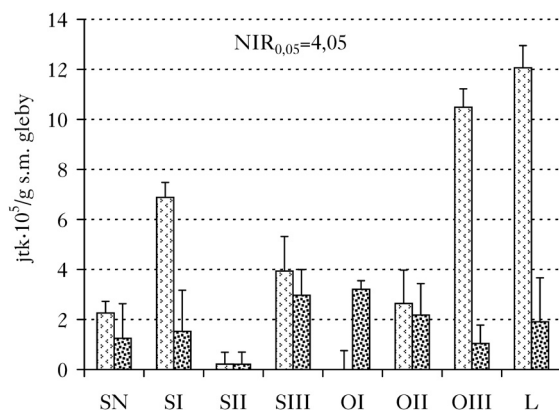
Ryc. 1.

Ogólna liczebność heterotroficznych bakterii właściwych w warstwie 0-10 cm (jasny) i 10-20 cm (ciemny) badanych gleb
Total number of heterotrophic bacteria in the 0-10 cm (light) and 10-20 cm (dark) layers of the analysed soils

oznaczenia jak w tabeli; denotes as in table

tych oznaczona liczebność tej tak licznej i podstawowej dla mikroflory poziomów akumulacyjno-próchnicznych gleb leśnych grupy drobnoustrojów [Dahm i in. 1986] na większości powierzchni badawczych była istotnie mniejsza niż w glebie kontrolnej (ryc. 2). W warstwach głębszych (10-20 cm) gleb popożarowych liczebność promieniowców kształtowała się, z wyjątkiem powierzchni SII, na zbliżonym poziomie jak w glebie kontrolnej. Śladowe ilości promieniowców oznaczone w glebie powierzchni SII mogły się wiązać z niską zawartością węgla organicznego (tab.), świadczącą o niedostatku substancji próchnicznych wpływających na występowanie tej grupy drobnoustrojów w glebach [Keast 1984; Marcinowska, Bis 1997]. Z wielu badań wynika, że promieniowce należą do grupy drobnoustrojów najbardziej wrażliwej na działanie skutków pożaru i najtrudniej się regenerują [Hauke-Pacewiczowa, Trzcńska 1980; Prędecka 2011]. Wpływ sposobu przygotowania gleby na pożary, a także gatunku drzewa na liczebność promieniowców był niejednoznaczny (ryc. 2).

W glebach popożarych, w obydwu analizowanych warstwach, ogólna liczebność grzybów pleśniowych kształtowała się na wyraźnie niższym poziomie niż w glebie kontrolnej, ale w większości przypadków nie były to różnice statystycznie istotne (ryc. 3). Wielu badaczy wskazuje, że grzyby należą do organizmów bardzo wrażliwych na skutki pożaru [Mańka 1993; Bååth i in. 1995; Fonturbel i in. 1995; Kowalski 1996; DeBano i in. 1998; Gonzalez-Perez i in. 2004], a ich liczebność wyraźnie wzrasta wraz z upływem czasu po ustąpieniu pożarów. Zdaniem cytowanych autorów może to wynikać ze zdolności tych organizmów do regeneracji strzępek bądź kiełkowania z oca-

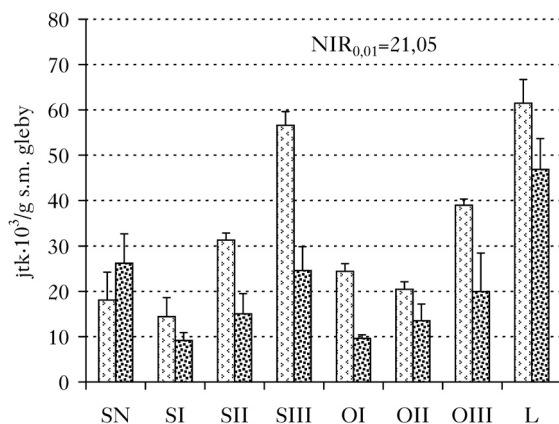


Ryc. 2.

Ogólna liczebność promieniowców w warstwie 0-10 cm (jasny) i 10-20 cm (ciemny) badanych gleb

Total number of actinobacteria in the 0-10 cm (light) and 10-20 cm (dark) layers of the analysed soils

oznaczenia jak w tabeli; denotes as in table



Ryc. 3.

Ogólna liczebność grzybów pleśniowych w warstwie 0-10 cm (jasny) i 10-20 cm (ciemny) badanych gleb

Total number of mould fungi in the 0-10 cm (light) and 10-20 cm (dark) layers of the analysed soils

oznaczenia jak w tabeli; denotes as in table

łałych zarodników. O znacznym udziale grzybów mykoryzowych w glebach po przejściu pożarów wspominają także w swoich badaniach Sewerniak i Gonet [2010]. W literaturze spotyka się wiele informacji wskazujących, że regeneracja mikroflory grzybowej na pożarzyskach rozpoczyna się na ich granicy i stamtąd przemieszcza się w głąb obszaru, rekolonizowanego początkowo przez pojedyncze lub niektóre rodzaje grzybów glebowych bądź mykoryzowych [Jalaluddin 1969 za Hauke-Paciewiczową i Trzcińską 1980; Hawryś i in. 1998]. Grzyby zasługują na szczególną uwagę, gdyż jako organizmy eukariotyczne, będące na wyższym szczeblu rozwoju niż bakterie i promieniowce oraz odróżniające się od roślin wyższych bezwzględny heteromorfizmem, są jednym z podstawowych czynników decydujących o żyzności i zdrowotności gleby [Dix, Webster 1992; Bis, Marciniowska 1997]. W obrębie powierzchniowych warstw (0-10 cm) gleb popożarowych największą liczebnością grzybów cechowała się powierzchnia III (ryc. 3), co mogło się wiązać z większym zakwaszeniem tych gleb (tab.), sprzyjającym rozwojowi tej grupy drobnoustrojów. W poziomach wierzchnich (0-10 cm) badanych gleb, z wyjątkiem powierzchni sukcesyjnej (SN), oznaczona ogólna liczebność grzybów była większa niż w warstwach 10-20 cm, aczkolwiek statystycznie istotne różnice zaznaczyły się wyłącznie na powierzchni III (wyoranie bruzd) oraz powierzchni kontrolnej (L). Nie wykazano istotnego wpływu gatunku drzewa na liczebność grzybów w glebach badanych pożarzyska (ryc. 3).

W warunkach zastosowanych sposobów sztucznych odnowień liczebność promieniowców i grzybów pleśniowych w wierzchniej warstwie gleb kształtowała się w większości przypadków na wyższym poziomie niż w glebie powierzchni sukcesyjnej (ryc. 2-3). Wyniki te wskazują, że tempo regeneracji mikrobiocenozy po pożarze w glebach leśnych było większe w przypadku odnowienia sztucznego niż sukcesji naturalnej. Również badania Zwolińskiego i in. [2004] przeprowadzone na terenie pożarzysk w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Potrzebowice po 10 latach po pożarze wykazały, poza degradacją biologiczną gleb popożarowych, że korzystniejszy wpływ na rozwój drobnoustrojów glebowych miało odnowienie sztuczne niż odnowienie naturalne.

Wnioski

- ✦ Po 20 latach od zastosowanych sposobów odnowienia pożarzyska zlokalizowanego na terenie Nadleśnictwa Potrzebowice nie nastąpiła jeszcze pełna regeneracja mikrobiologiczna gleb zniszczonych przez pożar.
- ✦ Gleby popożarowe zostały zasiedlone głównie przez heterotroficzne bakterie właściwe. Liczebność tej grupy drobnoustrojów, bytujących zazwyczaj w świeżej ściółce lub w ścisłej ryzosferze, była wyraźnie większa niż w glebie powierzchni kontrolnej. Natomiast promieniowce, zwłaszcza w poziomach akumulacyjno-próchnicznych gleb zniszczonych przez pożar, w większości przypadków odrodziły się w niewielkim stopniu. Również liczebność grzybów była mniejsza niż w glebie kontrolnej.
- ✦ W warunkach zastosowanych sposobów sztucznych odnowień liczebność promieniowców i grzybów pleśniowych w wierzchniej warstwie gleb kształtowała się w większości przypadków na wyższym poziomie niż w glebie powierzchni sukcesyjnej. Oznacza to, że tempo regeneracji mikrobiocenozy po pożarze w glebach leśnych było większe w przypadku odnowienia sztucznego niż sukcesji naturalnej.
- ✦ Odmienne sposoby przygotowania gleby, po upływie 20 lat od ich zastosowania na pożarzysku, nie miały istotnego wpływu na oznaczane właściwości gleb, co wskazuje, że sposób przygotowania gleby nie wywołał uchwytnych, długofalowych zmian ekochemicznego stanu środowiska glebowego.

Literatura

- Bååth E., Frostegård Å., Pennanen T., Fritze H. 1995. Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood ash fertilized, clear-cut or burned forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 229-240.
- Bielińska E. J., Mocek-Plóćiniak A. 2009. The influence of the method of reclamation and selection of tree species for afforestation on changes in landscape degraded by fire. *Archives of Environmental Protection* 35 (2): 105-113.
- Bielińska E. J., Mocek-Plóćiniak A., Kaczmarek Z. 2008. Indices of the eco-chemical condition of forest soils on a large-area forest fire. *Polish J. of Environ. Stud.* 17 (5): 665-671.
- Bis H., Marcinowska K. 1997. Występowanie grzybów w środowiskach glebowych intensywnych zmianowań specjalistycznych gospodarstwa rolnego „Góra Ropczycka”. W: Barabasz W. [red.]. *Drobnoustroje w środowisku, występowanie, aktywność i znaczenie*. AR Kraków. 61-70.
- Ceitel J., Szymański S., Barzdajn W., Zientarski J. 1997. Badanie różnych sposobów wprowadzania lasu na obszary drzewostanów zniszczonych przez pożar w Nadleśnictwie Potrzebowice. Sprawozdanie końcowe. *Kat. Hodowli Lasu AR w Poznaniu*.
- Dahm H., Różycki H., Strzeleczyk E. 1986. Bakterie i promieniowce gleb i strefy korzeniowej drzew leśnych. *Post. Mikrobiol.* 25: 103-120.
- DeBano F. L., Neary D. G., Ffolliott P. F. 1998. *Fire's effects on ecosystems*. J. Wiley & Sons, Inc., New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
- Dix N., Webster J. 1992. *Fungal Ecology*. Chapman & Hal.
- Eivazi F., Bayan M. R. 1996. Effects of long-term prescribed burning on the activity of select soil enzymes in an oak-hickory forest. *Can. J. For. Res.* 26: 1799-1804.
- Fonturbel M. T., Vega J. A., Bara S., Bernardez I. 1995. Influence of prescribed burning of pine stands in NW Spain on soil microorganisms. *Eur. J. Soil Biol.* 31 (1): 13-20.
- Fritze H., Pennanen T., Pietikäinen J. 1993. Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning. *Can. J. For. Res.* 23: 1286-1290.
- Gonzalez-Perez J. A., Gonzalez-Vila F. J., Almendros G., Knicker H. 2004. The effect of fire on soil organic matter – a review. *Environ. Inter.* 30: 855-870.
- Hauke-Pacewiczowa T., Trzeźnińska M. 1980. Wpływ pożaru dna lasu na aktywność mikrobiologiczną gleby. *Roczniki Gleboznawcze* 31 (2): 33-41.
- Hawryś Z., Zwoliński J., Matuszczyk I., Olszewska G., Zwolińska B., Batko B. 1998. Zmiany i odbudowa ekosystemów leśnych zniszczonych przez pożar na przykładzie wielkoobszarowego pożaryska w lasach Rudzko-Rudzyniecko-Kędzierzyńskich. *Post. Techniki w Leśnictwie* 67: 33-40.
- Januszek K., Lasota J., Gruba P., Domicz D. 2001. Właściwości fizyczno-chemiczne i biochemiczne gleb bielcowych sześć lat po pożarze całkowitym lasu. *Acta Agr. Silv. Ser. Silv.* 39: 47-61.
- Jaworski A., Serwecińska L., Stączek P. 2007. *Quorum sensing* – komunikowanie się komórek w populacjach bakterii. W: Nowoczesne metody badania mikroorganizmów gleby i innych środowisk – Materiały Ogólnopolskiego Sympozjum Mikrobiologicznego. UMK w Toruniu, Toruń.
- Kaczmarek Z., Gajewski P., Mocek A. 2011. Wpływ sposobu przygotowania gleby oraz nasadzeń sosną zwyczajną i olszą szarą na właściwości gleb zdegradowanych przez pożar. *Roczniki Gleboznawcze* 62 (2): 164-171.
- Kańska Z., Grabińska-Łoniewska A., Łebkowska M., Żechowska E. 2001. *Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej*. Ofic. Wyd. PW, Warszawa.
- Keast D. 1984. Use of a computer to group actinomycetes for studies on the ecology of soil microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 48 (4): 791-796.
- Konecka-Betley K., Czepińska-Kamińska D., Janowska E., Okołowicz M. 2002. Gleby strefy ochrony ścisłej i częściowej w Rezerwacie Biosfery „Puszcza Kampinowska”. *Roczniki Gleboznawcze* 53 (3/4): 5-21.
- Kowalski S. 1996. Badania nad zróżnicowaniem zbiorowisk grzybów glebowych i ich wpływ na wzrost przyczepki falistej (*Rhizina undulata* Fr.) po pożarze całkowitym lasu w Rudach Raciborskich. *Acta Agr.Silv.* 34: 47-57.
- Kowalski S., Obłóza E. 1997. Badania mikroflory samosiewu sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) po pożarze lasu w Rudach Raciborskich. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 326: 75-88.
- Kurek E. 2002. Związki przyczynowo-skutkowe aktywności mikrobiologicznej i zakwaszenia gleb. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 482: 307-316.
- Mańka M. 1993. Wstępne informacje dotyczące występowania grzyba *Rhizina undulata* Fr. w zalesieniach niektórych pożarysk w 1993 roku. *Sylwan* 137 (12): 57-61.
- Marcinowska K., Bis H. 1997. Występowanie promieniowców antybiotycznych w środowiskach glebowych intensywnych zmianowań specjalistycznych. W: Barabasz W. [red.]. *Drobnoustroje w środowisku, występowanie, aktywność i znaczenie*. AR Kraków. 417-425.
- Martin J. P. 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Sci.* 69: 215-232.

- Mocek A., Bielińska E. J., Kaczmarek Z., Michalik J. 2004. Enzymatic activity of forest soils after 10-year period of reclamation of forest area totally damaged by fire. International Conference on Bioremediation of Soil and Groundwater, 05-08 September 2004 Cracow, Poland. 121-132.
- Olejarski J. 2003. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na niektóre właściwości gleb oraz stan upraw sosnowych na pożarzyskach wielkoobszarowych. Pr. Bad. Leś. A 2 (954): 44-77.
- Olszowska G. 2002. Wpływ pożaru w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie na aktywność enzymatyczną gleb. Roczniki Gleboznawcze 53 (3/4): 97-104.
- Pietikäinen J., Fritze H. 1993. Microbial biomass and activity in the humus layer following burning: short-term effects of two different fires. Can. J. For. Res. 23: 1275-1285.
- Pietikäinen J., Fritze H. 1995. Clearcutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effect of soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification. Soil Biol. Biochem. 27: 101-109.
- Pokojska U. 1998. Zakwaszenie gleb leśnych. Stan wiedzy i perspektywy badań. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 456: 63-72.
- Prędecka A. 2011. Ogień w lesie a przyroda. W: Podręcznik metodyczny wraz ze scenariuszem zajęć dla przedstawicieli ochotniczych straży pożarnych. Wydawnictwo Lasów Państwowych, Warszawa.
- Sewerniak P., Gonet S. S. 2010. Środowiskowe skutki pożaru lasu. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych, Wrocław.
- Systematyka gleb Polski. 2011. PTG, Warszawa.
- World Reference Base for Soil Resources. 2014. IUSS Working Group WRB.
- Zwoliński J., Matuszczyk I., Hawryś Z. 2004. Właściwości chemiczne gleb i igieł sosny oraz aktywność mikrobiologiczna gleb na terenie pożarzysk leśnych z 1992 roku w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie i Potrzebowice. Leśn. Pr. Bad. 1: 119-133.