

Andrzej Klimek, Stanisław Rolbiecki

**WZROST SOSNY ZWYCZAJNEJ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
I WYSTĘPOWANIE ROZTOCZY (ACARI) GLEBOWYCH
NA REKULTYWOWANYM TERENIE
POPOLIGONOWYM W NADLEŚNICTWIE ŻOŁĘDOWO**

***GROWTH OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
AND OCCURRENCE OF SOIL MITES (ACARI)
ON THE RECLAIMED POST-MILITARY AREA
AT FOREST DISTRICT ŻOŁĘDOWO***

Streszczenie

Celem badań było porównanie wzrostu sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i stanu akarofauny (Acari) glebowej w 2-letnich uprawach na rekultywowanym terenie popoligonowym oraz na glebie leśnej w Nadleśnictwie Żołędowo.

Do zalesień i odnowienia wykorzystano 2-letnie sadzonki sosny wyprodukowane w szkółkach polowych z zastosowaniem ściółkowania, nawożenia organicznego oraz metodą tradycyjną.

Badania przeprowadzono w roku 2009. Doświadczenie obejmowało następujące czynniki: sposób przygotowania powierzchni przeznaczonej pod zalesienie – z udziałem (A) lub bez udziału łubinowania (B). Czynnikiem drugim był sposób produkcji sadzonek sosny jaki zastosowano w szkółce leśnej: 1 – kompost z dodatkiem kory bez ściółkowania, 2 – kompost z dodatkiem kory ze ściółkowaniem, 3 – kompost z dodatkiem trocin bez ściółkowania, 4 – kompost z dodatkiem trocin ze ściółkowaniem.

Wszystkie wyniki odnoszono do powierzchni kontrolnej (C), którą usytuowano na glebie leśnej. Porównując wybrane wskaźniki wzrostu dwuletniej uprawy sosny na rekultywowanym terenie popoligonowym stwierdzono, że zabieg łubinowania nie oddziaływał istotnie na te parametry. Przeprowadzony w szkółce zabieg ściółkowania wpływał korzystnie na kształtowanie się wszystkich mierzonych wskaźników wzrostu sosny w dwuletniej uprawie leśnej. Zmiany liczebności roztoczy i różnorodności gatunkowej mechowców w kolejnych latach początkowego stadium sukcesji prognozują zachodzące procesy rewitalizacji tego terenu.

Niskie wartości wskaźników dla zgrupowań roztoczy, w porównaniu z odnowioną powierzchnią leśną, mogą świadczyć o małej aktywności biologicznej badanych gleb.

Słowa kluczowe: teren popoligonowy, rekultywacja, rewitalizacja, sosna zwyczajna, Acari, Oribatida

Summary

The aim of the study was the comparison of the Scots pine (Pinus sylvestris L.) growth and the state of fauna of soil Acari in 2-year cultivations on the afforested post-military area as well as on the forest soil in District Żołędowo. Two-year old Scots pine seedlings – produced in field nurseries at mulching, organic fertilization and traditional treatments applied – were used for afforestation and renovation. Trials were carried out in the year 2009. The experiment included the following factors (treatments): the way of preparation of the area destined for afforestation – with sowing of lupin (A) or without lupin (B). The second factor was the way of seedling production used at forest nursery: 1 – compost with addition of bark, without mulching, 2 – compost with addition of bark, with mulching, 3 – compost with addition of sawdust, without mulching, 4 – compost with addition of sawdust, with mulching. All the results were compared with the control area (C) which was localized on the forest soil. On the base of chosen growth indices comparison in two-years' old Scots pine cultivation on the reclaimed post-military area, it was found that the treatment of lupin sowing did not influence significantly on these parameters. Mulching measure – which was conducted in nursery – influenced advantageously on the shaping of all the investigated growth indices of Scots pine in two-years' old forest cultivation. Changes of the soil mites dimension and the species diversity of the oribatid mites in the successive years of the initial stage of succession indicated the revitalization processes have been occurring on this area. Low values of indices for gatherings of mites, as compared to renovated forest area, can indicate about the low biological activity of the investigated soils.

Key words: post-military area, land reclamation, revitalization, Scots pine, Acari, Oribatida

WSTĘP

Na terenach obecnie zarządzanych przez Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe (PGL LP) w przeszłości były lokalizowane poligony wojskowe oraz inne obiekty wykorzystywane przez siły zbrojne. Tereny te są najczęściej wyłączone z użytkowania z powodu silnej degradacji środowiska przyrodniczego oraz możliwych zagrożeń dla zdrowia i życia ludzi (CKPŚ LP 2010).

Aby tym obszarom przywrócić funkcje przyrodnicze i użytkowe należy podjąć kompleksowe działania nad ich rekultywacją i rewitalizacją. W tym celu PGL LP podjęło się w ramach II osi priorytetowej Programu Operacyjnego UE "Infrastruktura i Środowisko" realizacji projektu pt. "Rekultywacja na cele przy-

rodnicze terenów zdegradowanych, popoligonowych i powojсковych zarządzanych przez PGL LP”.

Rekultywacje te mają zasięg ogólnopolski i prowadzone będą na obszarze 24 tys. ha. Są to tereny 57 nadleśnictw (89 gmin w 14 województwach). Planowane, a w niektórych przypadkach rozpoczęte już zabiegi polegają m.in. na usuwaniu zanieczyszczeń gruntowych, rewitalizacji gleby, odnowieniu bądź zalesieniu terenu, przebudowie drzewostanów oraz ochronie i reintrodukcji gatunków (CKPŚ LP 2010). W Nadleśnictwie Żołędowo na terenie byłego poligonu wojskowego Bydgoszcz-Jachcice prace związane z rewitalizacją gleb rozpoczęto w 2006 r., a w 2008 r. po założeniu uprawy leśnej zbadano roślinność i wybrane właściwości gleb [Klimek i in. 2009].

Warunkiem dobrej udatności zalesień na glebach zdegradowanych jest przygotowanie odpowiedniego materiału sadzeniowego, odpornego na działanie czynników szkodliwych, m.in. patogenicznych grzybów [Oszako i Rakowski 2000]. Uważa się, że sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) powinna być podstawowym gatunkiem wprowadzanym na grunty słabe [Kocjan 1997], a jednym z warunków powodzenia zalesień na tzw. gruntach trudnych jest stosowanie sadzonek zaopatrzonych w obfitą i zróżnicowaną mikoryzę [Aleksandrowicz-Trzeńska 2004, Grzywacz 2009].

Jako wskaźniki aktywności biologicznej gleb najczęściej proponuje się: aktywność enzymatyczną, oddechową, biomasę drobnoustrojów, skład i liczebność drobnoustrojów [Brzezińska 2006, Olszowska i in. 2005]. Znacznie rzadziej przy określaniu stanu biologicznego gleb bierze się pod uwagę skład gatunkowy i liczebność fauny. Należy jednak pamiętać, iż ta część edafonu, szczególnie w glebach leśnych spełnia bardzo istotne dla całego ekosystemu funkcje. W leśnych glebach żyje bardzo liczna akarofauna (Acari), zwłaszcza mechowce (Oribatida), które stanowią ok. 70% wszystkich roztoczy [Klimek 2000]. Roztocze te przez wielu autorów uważane są za dobre bioindykatory stanu środowiska [Axelsson i in. 1973, Seniczak 1979, Klimek 2000], a ponadto mogą być wektorami lub stymulować wzrost wielu mikroorganizmów, w tym bardzo pożądanym w środowisku grzybów tworzących mikoryzy [Schneider i in. 2004, 2005].

Celem niniejszych badań było porównanie wzrostu sosny zwyczajnej i stanu akarofauny (Acari) glebowej w 2-letnich uprawach na rekultywowanym terenie popoligonowym oraz na glebie leśnej w Nadleśnictwie Żołędowo. Do zalesień i odnowienia wykorzystano 2-letnie sadzonki sosny wyprodukowane w szkółkach polowych z zastosowaniem ściółkowania, nawożenia organicznego oraz metodą tradycyjną.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Opis doświadczenia. Badania przeprowadzono w roku 2009 na terenie byłego poligonu wojskowego w Bydgoszczy-Jachcicach (Leśnictwo Jagodowo, Nadleśnictwo Żołędowo), w uprawach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L) założonych wiosną 2008 r. na potencjalnym siedlisku boru świeżego (fot. 1).



Fotografia 1. Zalesiony teren popoligonowy Bydgoszcz-Jachcice jesienią 2009 r.
(fot. A. Klimek)

Photo 1. Afforested post-military area Bydgoszcz-Jachcice in autumn 2009
(photo by A. Klimek)

Do nasadzeń na terenie popoligonowym wykorzystano 2-letnie sadzonki pochodzące ze szkółki leśnej Białe Błota należącej do Nadleśnictwa Bydgoszcz. Drzewka posadzono w więźbie 1,4 m x 0,8 m. Doświadczenie obejmowało następujące czynniki: sposób przygotowania powierzchni przeznaczonej pod zalesienie – z udziałem (A) lub bez udziału łubinowania (B). Czynnikiem drugim był sposób produkcji sadzonek sosny, jaki zastosowano w szkółce leśnej: 1 – kompost z dodatkiem kory bez ściółkowania, 2 – kompost z dodatkiem kory ze ściółkowaniem, 3 – kompost z dodatkiem trocin bez ściółkowania, 4 – kompost z dodatkiem trocin ze ściółkowaniem. Zastosowany w szkółce kompost sporządzono na bazie higienizowanych komunalnych osadów ściekowych,

a ściółkowanie przeprowadzono z wykorzystaniem świeżej ektopróchnicy leśnej pozyskanej z siedliska boru świeżego (Rolbiecki i in. 2009).

Wszystkie wyniki odnoszono do powierzchni kontrolnej (C), którą usytuowano wewnątrz kompleksu leśnego (Leśnictwo Jagodowo, oddz. 133) na siedlisku boru mieszanego świeżego. Glebę leśną odnowiono wyprodukowanymi tradycyjnie 2-letnimi sadzonkami sosny w szkółce Trzuszczyn (Nadleśnictwo Żołędowo). Na każdym poletku (wariancie) wysadzono 500 sadzonek sosny. W poprzedniej pracy [Klimek i in. 2009] przedstawiono charakterystykę właściwości fizyko-chemicznych gleby, roślinność, wzrost sosny w pierwszym roku badań oraz występowanie roztoczy.

Warunki klimatyczne w sezonie wegetacyjnym 2009 r. Średnia temperatura powietrza wyniosła 14,5°C (więcej o 0,1°C od normy wieloletniej) (tab. 1). Wyższe od normy temperatury wystąpiły w kwietniu, lipcu, sierpniu i wrześniu. Pozostałe dwa miesiące okresu wegetacji (maj i czerwiec) cechowały się temperaturami niższymi od normy.

Tabela 1. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w okresie wegetacji 2009 r.

Table 1. Air temperature and rainfall during the vegetation period 2009

Wyszczególnienie	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Temperatura powietrza, °C							
1 dekada	8,6	11,1	12,1	18,9	19,6	15,5	x
2 dekada	8,4	11,4	13,8	18,3	17,4	13,8	x
3 dekada	12,4	14,1	17,6	18,5	17,7	11,7	x
Średnio1-3 (2009)	9,8	12,3	14,5	18,6	18,2	13,7	14,5
Średnia wieloletnia*	7,7	13,1	16,3	18,3	17,8	13,0	14,4
Opady atmosferyczne, mm							
1 dekada	2,0	7,2	28,3	40,9	2,5	19,8	x
2 dekada	0	4,6	23,5	21,7	8,8	0	x
3 dekada	0	42,1	15,6	12,3	2,7	3,2	x
Suma1-3 (2009)	2,0	53,9	67,4	74,9	14,0	23,0	235,2
Średnia wieloletnia**	26,5	39,0	53,8	54,6	52,7	43,5	270,1

* – 1996-2008

Suma opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym 2009 roku wyniosła 235,2 mm i była niższa o 34,8 mm (tj. o 13%) od średniej wieloletniej. Kwiecień, sierpień i wrzesień charakteryzowały się opadami niższymi od wartości normalnych. Szczególnie ubogi w opady był kwiecień, w którym zanotowano zaledwie 2 mm opadu (7,5% normy). W okresie wegetacji wystąpiły trzy dekady bezopadowe (2/IV, 3/IV, 2/IX). Najobfitszym w opady okazał się lipiec, w którym suma opadów wyniosła 74,9 mm i była wyższa o 37 % od normy.

Pomiary wzrostu sosny. Pomiary wybranych wskaźników wzrostu sosny wykonano w listopadzie 2009. Wyznaczono: wysokość roślin (cm), średnicę pędu głównego – u podstawy (mm), sumę długości przyrostów pędów bocznych

ostatniego okółka (cm), liczbę tych przyrostów w ostatnim okółku (szt.) i średnią długość pojedynczego przyrostu (cm). Pomiarów te wykonano na 12 roślinach każdego wariantu doświadczenia. Łącznie pomierzono 108 roślin (9 x 12).

Badania akarologiczne. Próbki gleby do badań akarologicznych pobierano dwukrotnie (wiosną – pod koniec maja oraz jesienią – w ostatniej dekadzie października), z każdej powierzchni doświadczalnej w 10 powtórzeniach. Ogółem z jednego wariantu doświadczenia pobrano 20 próbek gleby, każda z 17 cm² x 3 cm głębokości. Roztocze wyplaszano przez 7 dni w aparatach Tullgrena, a następnie konserwowano i preparowano. Do gatunku lub rodzaju oznaczono mechowce (Oribatida), łącznie ze stadiami młodocianymi. Pozostałe roztocze oznaczono do rzędów. Przedmiotem analizy było 2622 Acari, w tym 484 mechowce. Średnie zagęszczenie (N) roztoczy podano w przeliczeniu na 1 m² gleby, a różnorodność gatunkową mechowców wyrażono za pomocą liczby gatunków (S), średniej liczby gatunków w próbce (s) oraz wskaźnika różnorodności gatunkowej Shannona. Przed analizą statystyczną dane liczbowe poddano logarytmowaniu – $\ln(x+1)$ (Berthet i Gerard 1965). Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica stosując test Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki klimatyczne. Sezon wegetacyjny 2009 r. różnił się od poprzedniego w 2008 r., omówionego we wcześniejszej pracy [Klimek i in. 2009]. Uwidoczniło się to w szczególności w ilości i przebiegu opadów atmosferycznych, których suma w okresie IV-IX – odpowiednio w latach 2008 i 2009 – wyniosła 215 mm i 235 mm. W okresie wegetacyjnym pierwszego roku badań – kiedy założono uprawę (2008) – kwiecień, maj, czerwiec, lipiec i wrzesień charakteryzowały się opadami niższymi od wartości normalnych, zaś szczególnie ubogi w opady był maj, w którym zanotowano zaledwie 3,2 mm opadu (7,8% normy). W roku 2009 bardzo ubogi w opady był kwiecień, w którym zanotowano zaledwie 2 mm opadu (7,5% normy). Tak niskie opady miały niewątpliwie wpływ na wzrost sosny i aktywność biologiczną gleby.

Na podstawie wyników uzyskanych w Doświadczalnej Stacji Leśnej w Eberswalde (Bac i Ostrowski 1969) stwierdzono, że zużycie wody (transpiracja + parowanie) młodej uprawy sosny (wiek 3-7 lat) – średnio dla 5 lat badań – wynosiło w kwietniu 41 mm, w maju 63,9 mm, w czerwcu 58,6 mm, w lipcu 61,5 mm, w sierpniu 61,1 mm i we wrześniu 48,4 mm. W cytowanych badaniach niemieckich – przeprowadzonych ok. 18 km od naszej zachodniej granicy w lizymetrach o powierzchni 1 m² (8 drzewek sosny) – stwierdzono, że największe niedobory wodne upraw sosnowych występują w maju (około 20 mm). Opady IV-IX, średnio dla 5 lat, wyniosły 363,1 mm, a więc znacznie więcej od wielkości zanotowanych w badaniach własnych. Wielkość i przebieg opadów

w sezonie wegetacyjnym ma szczególnie duże znaczenie, gdyż – jak wynika ze wspomnianych, wieloletnich doświadczeń niemieckich – sosna w młodych nasadzeniach zużywa w okresie letnim aż 76% rocznego zużycia wody.

Charakterystyka wzrostu sosny. Wielkość biomasy uzależniona jest bezpośrednio od wysokości i grubości drzew, dlatego też słusznie są to dwa najczęściej rozpatrywane elementy biometryczne [Orzeł 2007]. Z drugiej strony, jak podaje cytowany autor, dynamika zmian obu tych cech mierzalnych pozwala na uzyskanie wielu cennych informacji o szeroko rozumianych warunkach siedliskowych.

W przeprowadzonych badaniach wysokość drzewek dwuletniej uprawy sosny, średnio dla 9 wariantów doświadczenia, wyniosła 57,7 cm (tab. 2). Rośliny uprawiane na terenie popolygonowym (warianty A i B) cechowały się przeciętną wysokością 58,5 cm i były wyższe od rosnących na leśnej powierzchni kontrolnej (C), o średniej wysokości wynoszącej 51,7 cm.

Tabela 2. Wybrane wskaźniki wzrostu roślin sosny zwyczajnej w drugim roku uprawy
Table 2. Chosen indices of the of Scots pine plant growth in the second year of cultivation

Wyszczególnienie	Wskaźniki wzrostu				
	wysokość roślin H [cm]	średnica w szyjce korzeniowej Φ [mm]	liczba pędów n [szt.]	suma długości pędów ∑l [cm]	średnia długość pędu l [cm]
A1	53,1	13,7	4,4	46,8	10,5
A2	61,7	16,8	5,1	70,2	13,7
A3	61,1	16,9	5,7	82,2	14,3
A4	57,6	14,7	5,1	60,9	11,9
B1	53,7	13,4	4,7	53,2	11,0
B2	61,2	17,1	5,6	84,2	15,1
B3	55,0	13,7	5,3	64,0	11,8
B4	64,3	15,9	5,5	73,0	13,3
C	51,7	14,4	4,8	66,3	13,4
Półprzedział Tukey'a	9,728	3,144	1,186	29,545	4,453
Wpływ lubinowania					
A	58,4 ^a	15,5 ^a	5,1 ^a	65,0 ^a	12,6 ^a
B	58,6 ^a	15,0 ^a	5,3 ^a	68,6 ^a	12,8 ^a
Wpływ pochodzenia sadzonek					
1	53,4	13,5	4,6	50,0	10,8
2	61,4	17,0	5,3	77,2	14,4
3	58,0	15,3	5,5	73,1	13,0
4	60,9	15,3	5,3	67,0	12,6
Półprzedział Tukey'a	6,103	2,002	0,730	18,864	2,723

Wyszczególnienie	Wskaźniki wzrostu				
	wysokość roślin H [cm]	średnica w szyjce korzeniowej Φ [mm]	liczba pędów n [szt.]	suma długości pędów $\sum l$ [cm]	średnia długość pędu l [cm]
Nawożenie organiczne niezależnie od ściółkowania					
Kompost z dodatkiem kory	57,4	15,2	4,9	63,6	12,6
Kompost z dodatkiem trocin	59,5	15,3	5,4	70,0	12,8
Ściółkowanie niezależnie od nawożenia organicznego					
Bez ściółkowania	55,7	14,4	5,0	61,6	11,9
Ściółkowanie	61,2	16,1	5,3	72,1	13,5
Średnio dla nawożenia organicznego i ściółkowania – poligon					
Średnio	58,5	15,3	5,2	66,8	12,7
Średnio dla powierzchni kontrolnej – las					
C	51,7	14,4	4,8	66,3	13,4
Średnio dla całego doświadczenia – wszystkich 9 wariantów					
Średnio	57,7	15,2	5,1	66,8	12,8

^{a,a} – brak istotnego wpływu łubinowania na badane wskaźniki

Rośliny uprawiane w wariacie “1” (z sadzonek wyprodukowanych w szkółce przy użyciu kompostu z dodatkiem kory, bez udziału ściółkowania) były niższe od rosnących w pozostałych trzech wariantach, przy czym różnica ta była istotna w odniesieniu do wariantów “2” i “4” (roślin wyrosłych z sadzonek produkowanych z udziałem ściółkowania).

Porównując wybrane wskaźniki wzrostu dwuletniej uprawy sosny, stwierdzono, że zabieg łubinowania nie oddziaływał istotnie na te parametry. Z kolei porównanie wzrostu roślin ze względu na pochodzenie sadzonek wykazało, że rośliny wyrosłe z sadzonek nawożonych w szkółce kompostem z dodatkiem trocin charakteryzowały się wyższymi wartościami wszystkich mierzonych parametrów w porównaniu do nawożonych kompostem z dodatkiem kory.

Różny sposób produkcji materiału sadzeniowego jest czynnikiem wpływającym na późniejszy wzrost roślin po nasadzeniach i w konsekwencji na produkcję biomasy [Orzeł 2007]. Zabieg ściółkowania – przeprowadzony w szkółce – wpływał korzystnie na kształtowanie się wszystkich mierzonych wskaźników wzrostu dwuletniej uprawy sosny. Potwierdza to wcześniejsze wyniki uzyskane w pierwszym roku doświadczenia, w którym młode sosny uzyskane z sadzonek wyprodukowanych z udziałem ściółkowania charakteryzowały się średnio dla 4 rodzajów, większą sumą przyrostów pędów bocznych ostatniego okółka (w zakresie 63,3-68,4 cm) w porównaniu do uzyskanych w warunkach bez ściółkowania (odpowiednio: 49,3-57,6 cm) [Klimek i in. 2009]. Uzyskane wyni-

ki znajdują także potwierdzenie w ustaleniach Szabli [2007]. W badaniach przeprowadzonych przez tego autora, w pierwszych trzech latach na uprawie przyrost wysokości i średnicy w szyi korzeniowej mikoryzowanych sadzonek sosny zwyczajnej był znacznie (nawet 2-3-krotnie) większy od przyrostu sadzonek niemikoryzowanych. Należy nadmienić, że w każdym następnym roku różnice w przyrostach pomiędzy sadzonkami mikoryzowanymi i niemikoryzowanymi malały.

Porównując wzrost sosny na powierzchni poligonowej z zachodzącym na powierzchni kontrolnej (leśnej), stwierdzono wyższe – za wyjątkiem średniej długości pojedynczego pędu bocznego ostatniego okółka – wartości mierzalnych parametrów u roślin uprawianych na powierzchni byłego poligonu.

Potwierdza to do pewnego stopnia wyniki uzyskane przez Szablę [2007], który rozpatrując kształtowanie się wybranych parametrów przyrostowych sosny (przyrost wysokości, przyrost średnicy – w szyi korzeniowej oraz sumę długości pędów bocznych ostatniego okółka) w różnych grupach upraw na różnych rodzajach gruntów stwierdził, że największe przyrosty wysokości osiągały kolejno sadzonki mikoryzowane i niemikoryzowane w uprawach na gruntach porolnych, a następnie na glebach leśnych.

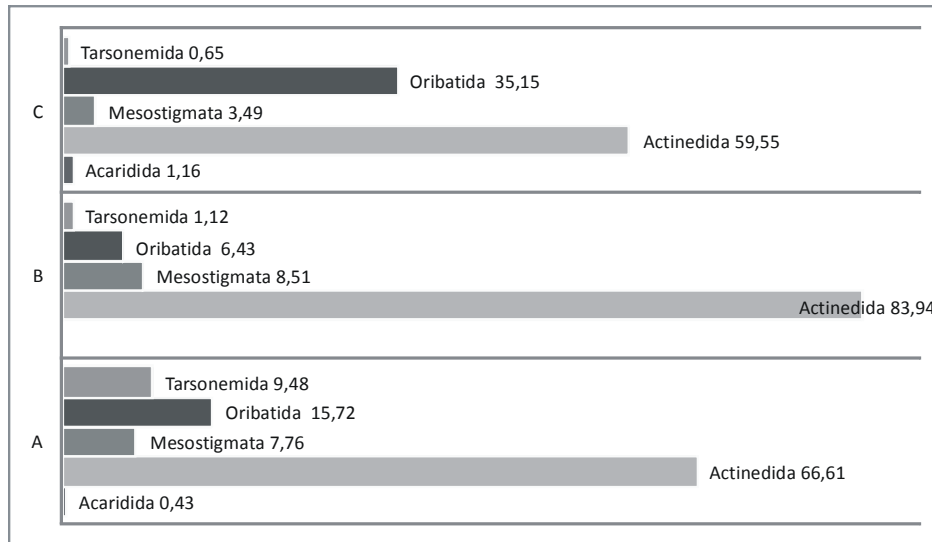
Trzeba tu nadmienić, że struktura mikoryzowa sadzonek sosny użytych w 2008 roku do nasadzeń na terenie poligonowym Bydgoszcz-Jachcice kształtowała się na dobrym poziomie i dobrze rokowała ich adaptację w nasadzeniach na nowych stanowiskach. Zastosowanie w szkółce leśnej osadów ściekowych uzupełnionych trocinami lub korą sosnową nie wpłynęło negatywnie na stan struktury ektomikoryz w fazie juwenilnej sadzonek [Rolbiecki i in. – w druku].

Występowanie roztoczy glebowych. Niska liczebność i różnorodność mezofauny glebowej na terenach zdegradowanych wynika przeważnie ze skąpej okrywy roślinnej i bardzo małej zawartości materii organicznej. Zastosowany w tym doświadczeniu przed założeniem uprawy leśnej zabieg fitomelioracji polegający na wysiewie łubinu, powinien te niekorzystne warunki nieco poprawić. Z wcześniej przeprowadzonych badań wynika, iż w pierwszym roku uprawy leśnej zagęszczenie roztoczy było niskie – 4,45-8,28 tys. osobn. m⁻² [Klimek i in. 2009]. W drugim roku zagęszczenie to nieco wzrosło, wahało się od 4,85 do 10,68 tys. osobn. m⁻², ale było wyraźnie niższe w porównaniu z powierzchnią kontrolną C na glebie leśnej (tab. 3). Zarówno w pierwszym, jak i drugim roku w zgrupowaniach roztoczy na wszystkich stanowiskach dominowały Actinedida (rys. 1). Na stanowiskach wcześniej łubinowanych (A) na drugim miejscu w hierarchii dominacji przeważnie występowały mechowce (średnio 15,72% wszystkich roztoczy), a w wariantach B ich udział był niższy (stanowiły średnio 6,43%). Dla porównania na powierzchni kontrolnej te saprofagi stanowiły aż 35,15% wszystkich roztoczy. Nieco mniej licznymi roztoczami były na badanym terenie drapieżne Mesostigmata (średnio od 3,49 do 8,51% Acari). Stwierdzono też sporadyczne występowanie roztoczy z rzędów Acaridida i Tarsonemida.

Tabela 3. Zagęszczenie roztoczy (N w tys. osobn. $\cdot m^{-2}$) w badanych wariantach uprawy sosny
Table 3. Abundance (N in 1000 individuals $\cdot m^{-2}$) of mites in studied variants of Scots pine cultivation

Takson roztoczy	Powierzchnia									
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C	
<i>Brachychthonius</i> spp.	0,78 ^a	0,15 ^a	0,36 ^a	0,75 ^a		0,18 ^a		0,45 ^a		0,30 ^b
<i>Domatorina plantivaga</i> (Berlese)										0,03
<i>Eupelops torulosus</i> (C.L. Koch)										0,03
<i>Latilamellobates incisellus</i> (Kramer)	0,03 ^a					0,03 ^a				
<i>Liochthonius</i> spp.	0,36 ^a						0,03 ^b			
<i>Metabelba pulverulenta</i> C.L. Koch										0,03
<i>Microtritia minima</i> (Berlese)										0,03
<i>Nanhermannia nanus</i> (Nicolet)										0,09
<i>Nothrus silvestris</i> Nicolet										0,18
<i>Oppiella minus</i> (Paoli)	0,30 ^a									0,03 ^b
<i>Oppiella neerlandica</i> (Oudemans)										0,12
<i>Oppiella nova</i> (Oudemans)	0,03 ^a		0,06 ^a		0,15 ^a	0,06 ^a		0,03 ^a		0,33 ^b
<i>Oppiella subpectinata</i> (Oudemans)										0,09
<i>Pergalumna nervosa</i> (Berlese)										0,51
<i>Phthiracarus longulus</i> (C.L.Koch)										0,06
<i>Scheloribates laevigatus</i> (C.L. Koch)								0,03		
<i>Scutovertex sculptus</i> Michael	0,90 ^a	0,09 ^b	0,06 ^b		0,09 ^b	0,21 ^b	0,18 ^b	0,15 ^b		
<i>Steganacarus</i> 1										0,06
<i>Suctobelba</i> spp.										0,24
<i>Tectocephus velatus</i> (Michael)	0,33 ^a	0,06 ^a	0,03 ^a	0,09 ^a	0,15 ^a	0,03 ^a	0,15 ^a	0,12 ^a		5,99 ^b
<i>Trichoribates novus</i> (Sellnick)					0,03					
<i>Tropacarus carinatus</i> (C.L. Koch)										0,06
Oribatida (razem)	2,73 ^a	0,30 ^b	0,51 ^b	0,84 ^b	0,42 ^b	0,51 ^b	0,36 ^b	0,78 ^b		8,18 ^c
Acaridida	0,03 ^a									0,27 ^b
Actinedida	5,24 ^{ac}	3,89 ^a	3,88 ^a	5,60 ^{ac}	9,75 ^{bc}	6,23 ^{ac}	5,03 ^a	6,02 ^{ac}		13,88 ^c
Mesostigmata	0,42 ^{ab}	0,66 ^{ab}	0,51 ^{ab}	0,57 ^{ab}	0,51 ^{ab}	0,75 ^{ab}	0,42 ^a	1,055 ^b		0,81 ^{ab}
Tarsonemida	0,66 ^a					0,03 ^b		0,15 ^b		0,15 ^b
Acari (razem)	9,08 ^{ac}	4,85 ^b	4,90 ^b	7,01 ^b	10,68 ^{bc}	7,52 ^b	5,81 ^b	8,01 ^b		23,29 ^c

Objaśnienia: ^a – te same litery oznaczają brak różnic istotnych statystycznie ($p < 0,05$)



Rysunek 1. Udział rzędów roztoczy (w %) na stanowiskach lubinowanych (A), bez tego zabiegu (B) oraz na powierzchni kontrolnej (C)

Figure 1. Percentage by division of Acari on stands (A) – previously with lupin and (B) without lupin and the control plot (C)

Na badanym terenie odnotowano występowanie 22 taksonów mechowców (tab. 3), 9 gatunków stwierdzono na terenie popoligonowym, a 17 żyło w glebie leśnej. Zaledwie 4 taksony były wspólne dla obu terenów. Spośród zbadanych stanowisk, poza powierzchnią C, stosunkowo wysoką różnorodność gatunkową mechowców stwierdzono jedynie na stanowisku A₁ (tab. 4). W pierwszym roku uprawy leśnej na rekultywowanym terenie popoligonowym różnorodność gatunkowa mechowców była niska. W zależności od powierzchni występowały 1 lub 2 gatunki [Klimek i in. 2009]. W drugim roku różnorodność ta wzrosła do poziomu od 2 do 7 gatunków (tab. 4). Należy nadmienić, iż niska różnorodność gatunkowa Oribatida jest typowa dla inicjalnych stadiów sukcesji, a struktura ich zgrupowań może być wykładnikiem zmian zachodzących w inicjalnej glebie [Skubała 2002].

Najliczniejszym mechowcem na badanym terenie był *Tectocepheus velatus*. Stwierdzono go na wszystkich stanowiskach – odnotowane na terenie popoligonowym średnie różnice w zagęszczeniu (0,03-0,33 tys. osobn. · m⁻²) nie były istotne statystycznie. Wskaźniki te różniły się wyraźnie od zagęszczenia w glebie leśnej – 5,99 tys. osobn. · m⁻². Na powierzchni kontrolnej oraz na większości stanowisk na terenie popoligonowym występowała też *Oppiella nova*.

Obydwa gatunki są zaliczane do najpospolitszych w Polsce i na świecie eurytopowych gatunków mechowców [Olszanowski i in. 1996; Klimek 2000;

Skubała 2002]. Na terenie popoligonowym stosunkowo licznie występował też *Scutovertex sculptus*. Jest to gatunek przystosowany do życia w inicjalnych glebach w warunkach dużego nasłonecznienia, np. w glebie odłogowanej i na hałdach przemysłowych [Klimek i in. 1991; Rolbiecki i in. 2006; Skubała 1999].

Tabela 4. Liczba gatunków Oribatida (*S*), średnia liczba gatunków (*s*) i wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona (*H*) dla zgrupowań mechowców w badanych wariantach uprawy sosny
Table 4. Number of Oribatida species (*S*), average number of species (*s*) and Shannon (*H*) in studied variants of Scots pine cultivation

Wskaźnik	Powierzchnia								
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C
<i>S</i>	7	3	4	2	4	5	3	5	17
<i>s</i>	1,10 ^a	0,20 ^b	0,55 ^b	0,30 ^b	0,50 ^b	0,50 ^b	0,45 ^b	0,40 ^b	2,40 ^c
<i>H</i>	1,59	1,03	0,92	0,34	1,25	1,32	0,92	1,17	1,21

Objaśnienia: ^a – te same litery oznaczają brak różnic istotnych statystycznie ($p < 0,05$)

Zmiany liczebności roztoczy i różnorodności gatunkowej mechowców w kolejnych latach początkowego stadium sukcesji leśnej na terenie popoligonowym w Bydgoszczy-Jachcicach, choć są niewielkie, prognozują jednak zachodzące procesy rewitalizacji tego terenu. Odnotowane wartości wskaźników dla zgrupowań roztoczy, w porównaniu z odnowioną powierzchnią leśną, mogą świadczyć o niskiej aktywności biologicznej badanych gleb.

WNIOSKI

1. Porównując wybrane wskaźniki wzrostu dwuletniej uprawy sosny na rekultywowanym terenie popoligonowym stwierdzono, że zabieg łubinowania nie oddziaływał istotnie na te parametry.

2. Zabieg ściółkowania – przeprowadzony w szkółce – wpływał korzystnie na kształtowanie się wszystkich mierzonych wskaźników wzrostu sosny w dwuletniej uprawie leśnej.

3. Zmiany liczebności roztoczy i różnorodności gatunkowej mechowców w kolejnych latach początkowego stadium sukcesji leśnej prognozują zachodzące procesy rewitalizacji tego terenu. Niskie wartości wskaźników dla zgrupowań roztoczy, w porównaniu z odnowioną powierzchnią leśną mogą świadczyć o małej aktywności biologicznej badanych gleb.

Autorzy dziękują pracownikom Nadleśnictwa Żołędowo za umożliwienie przeprowadzenia badań i cenną pomoc w trakcie realizacji doświadczenia.

BIBLIOGRAFIA

- Aleksandrowicz-Trzczińska M. *Kolonizacja mikoryzowa i wzrost sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) w uprawie założonej z sadzonek w różnym stopniu zmikoryzowanych*. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 3, 2004, s. 5-15.
- Axelsson B., Lohm U., Lundkvist H., Persson T., Sköglund J., Wiren A. *Effects of nitrogen fertilisation on the abundance of soil fauna populations in a Scots pine stand*. Research Notes, Royal Coll. of Forestry 14, 1973, s. 5-10.
- Bac St., Ostrowski St. *Podstawy leśnych melioracji wodnych*. PWRiL, Warszawa, 1969, 436 ss.
- Berthet P., Gerard G. *A statistical study of microdistribution of Oribatei (Acari) I. The distribution pattern*. Oikos 16, 1965, s. 214-227.
- Brzezińska M. *Aktywność biologiczna oraz procesy jej towarzyszące w glebach organicznych nawadnianych oczyszczonymi ściekami miejskimi (badania polowe i modelowe)*. Acta Agrophysica 131, PAN, Rozprawy i Monografie 2006 (2), Lublin, 2006, 164 ss.
- Centrum Koordynacji Projektów Środowiskowych LP. Informacje o projekcie: Rekultywacja na cele przyrodnicze terenów zdegradowanych, popoligonowych i powojсковych zarządzanych przez PGL LP. <http://www.ckps.pl/projekty>, 2010.
- Grzywacz A. *Nowe możliwości i potrzeby w zakresie kontrolowanej mikoryzacji drzew i krzewów*. Sylwan 1, 2009, s. 8-15.
- Klimek A. *Wpływ zanieczyszczeń emitowanych przez wybrane zakłady przemysłowe na roztocze (Acari) glebowe młodników sosnowych, ze szczególnym uwzględnieniem mechowców (Oribatida)*. Wyd. Uczln. ATR w Bydgoszczy, Rozprawy 99, 2000, 93 ss.
- Klimek A., Rolbiecki S., Długosz J., Stypczyńska Z. *Roślinność, wybrane właściwości gleby i roztocze (Acari) we wstępnej fazie sukcesji leśnej na rekultywowanym terenie popoligonowym Bydgoszcz-Jachcice*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5, PAN, Kraków, 2009, s. 167-181.
- Klimek A., Seniczak S., Żelazna E., Dąbrowska B. *Akarofauna (Acari) skarp osadników produktów odpadowych Janikowskich Zakładów Sodowych*. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Zootechnika 22, Bydgoszcz, 1991, s. 151-165.
- Kocjan H. *Możliwości wzbogacania najuboższych biocenoz leśnych na gruntach porolnych*. Przegąd Przyrodniczy VIII, 1/2, 1997, s. 43-46.
- Olszanowski Z., Rajski A., Niedbała W. *Roztocze – Acari. Mechowce – Oribatida*. Wyd. Sorus, Katalog fauny Polski Cz. XXXIV, tom 9, Poznań, 1996, 243 ss.
- Olszowska G., Zwoliński J., Matuszczyk I., Syrek D., Zwolińska B., Pawlak U., Kwapis Z., Dudzińska M. *Wykorzystanie badań aktywności biologicznej do wyznaczenia wskaźnika żywności gleb w drzewostanach sosnowych na siedliskach boru świeżego i boru mieszanego świeżego*. Leśne Prace Badawcze 3, 2005, s. 17-37.
- Orzeł S. *Biomasa sadzonek sosny zwyczajnej w uprawie doświadczalnej na rekultywowanym wyrobisku piasku i w terenie silnie skażonym emisjami przemysłowymi*. [W:] *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym* (pod red. S. Kowalskiego), CILP, DGLP, Warszawa, 2007, s. 336-358.
- Oszako T., Rakowski K. *Przygotowanie materiału sadzeniowego z przeznaczeniem do zalesiania gruntów porolnych*. Sylwan, 4, Warszawa, 2000, s. 147-150.
- Rolbiecki S., Klimek A., Rolbiecki R., Hilszczańska D. *Wpływ nawożenia organicznego i ściółkowania na wzrost jednorocznych siewek sosny zwyczajnej oraz właściwości biologiczne gleb w szkółce leśnej w warunkach mikrozaszrania*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 6, PAN, Kraków, 2009, s. 229-243.
- Rolbiecki St., Klimek A., Rolbiecki R., Hilszczańska D. *Wpływ nawożenia organicznego i ściółkowania ektopróchnicą na wzrost dwuletnich siewek sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) i aktywność biologiczną gleb w warunkach mikrodeszczowania w szkółce leśnej Białe Błota k/Bydgoszczy*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych (w druku).

- Rolbiecki St., Stypczyńska Z., Klimek A., Długosz J., Rolbiecki R. *Roślinność i niektóre właściwości odlogowanej gleby piaszczystej uprzednio użytkowanej rolniczo w warunkach deszczowania*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2/1/2006, 2006, s. 183-194.
- Schneider K., Renker C., Maraun M. Oribatid mite (Acari, Oribatida) feeding on ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, 16, 2005, s. 67-72.
- Schneider K., Renker C., Scheu S., Maraun M. Feeding biology of oribatid mites: a minireview. *Phytophaga*, XIV, 2004, s. 247-256.
- Seniczak S. *Fauna mechowców (Acari, Oribatei) jako indyktor biologicznych właściwości próchnic leśnych*. Pr. Kom. Nauk. PTG V/37, 1979, s. 157-166.
- Skubała P. *Colonization of a dolomitic dump by oribatid mites (Acari, Oribatida)*. *Pedobiologia* 43, (2), 1999, s. 145-159..
- Szabla K. *Cechy morfologiczno-rozwojowe oraz przeżywalność sadzonek różnych gatunków drzew leśnych w uprawach doświadczalnych na gruntach nieleśnych i leśnych o różnym stopniu degradacji*. [W:] *Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim szkółkarstwie leśnym* (pod red. S. Kowalskiego), CILP, DGLP, Warszawa, 2007, s. 289-336.

Dr hab. inż. Andrzej Klimek, prof. UTP,
Zakład Kształtowania Krajobrazu,
Katedra Zoologii UTP w Bydgoszczy
ul. Ks. Kordeckiego 20, 85-224 Bydgoszcz
tel. 0523749409,
e-mail: klimek@utp.edu.pl

Dr hab. inż. Stanisław Rolbiecki, prof. UTP,
Katedra Melioracji i Agrometeorologii UTP w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-856 Bydgoszcz
tel. 0523749552,
e-mail: rolbs@utp.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Gruszczyński*