

**BERNARD GAŁKA, CEZARY KABAŁA, BEATA ŁABAZ, ADAM BOGACZ**

## **Wpływ drzewostanów o zróżnicowanym udziale świerka na gleby różnych typów siedliskowych lasu w Górach Stołowych\***

Influence of stands with diversified share of Norway spruce in species structure on soils of various forest habitats in the Stołowe Mountains

### **ABSTRACT**

Gałka B., Kabała C., Łabaz B., Bogacz A. 2014. Wpływ drzewostanów o zróżnicowanym udziale świerka na gleby różnych typów siedliskowych lasu w Górach Stołowych. Sylwan 158 (9): 684-694.

Chemical properties and fertility of soils were compared under spruce, mixed and beech stands in four types of forest habitat (mountain broadleaf forest, mountain mixed broadleaf forest, mountain mixed coniferous forest and mountain coniferous forest) in 373 sites of forest monitoring in the Stołowe Mountains National Park, SW Poland. Soils under the spruce stands had higher organic carbon pools in their upper horizons, but lower pH, increased activity of exchangeable aluminum, lower contents of exchangeable base cations, available potassium and magnesium, resulting finally in lower values of the soil trophic index (SIG). The negative impact of spruce monocultures on the physicochemical soil properties was much stronger in the eutrophic habitats (dedicated to broadleaf forest) than in dystrophic ones. Weak positive effect of the beech introduction on soils in the dystrophic habitats indicated that the conversion of the coniferous into mixed or deciduous stands would not cause a rapid improvement in the physicochemical properties deformed previously under spruce monocultures.

### **KEY WORDS**

pH, organic carbon, soil fertility, forest habitat type, trophic soil index

### **ADDRESSES**

Bernard Gałka – e-mail: [bernard.galka@up.wroc.pl](mailto:bernard.galka@up.wroc.pl)

Cezary Kabała – e-mail: [cezary.kabala@up.wroc.pl](mailto:cezary.kabala@up.wroc.pl)

Beata Łabaz – e-mail: [beata.labaz@up.wroc.pl](mailto:beata.labaz@up.wroc.pl)

Adam Bogacz – e-mail: [adam.bogacz@up.wroc.pl](mailto:adam.bogacz@up.wroc.pl)

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska; Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu;  
ul. Grunwaldzka 53; 50-357 Wrocław

### **Wstęp**

Świerk jest obecny w Sudetach już od schyłku okresu borealnego lub od początku okresu atlantyckiego i dominował oraz nadal może naturalnie dominować w wyżej położonych drzewostanach, gdzie warunki naturalne (klimatyczne, morfologiczne, glebowe itd.) eliminują gatunki mniej odporne [Jędruszczak, Miścicki 2001]. Jednak absolutna dominacja świerka we wszystkich leśnych piętrach klimatycznych Sudetów wynika przede wszystkim z gospodarki leśnej ostatnich dwóch-trzech stuleci, preferującej świerk jako gatunek mało wymagający i środowiskowo plastyczny, a jednocześnie gwarantujący względnie szybkie pozyskanie drewna o wysokiej wartości rynkowej [Rykowski 2010]. Rozległe monokultury świerkowe wprowadzone w miejsce drzewostanów

\* Badania zostały sfinansowane w części przez Narodowe Centrum Nauki (grant numer N N309 281737) oraz w części przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (grant numer NR09-0029-04/2008).

mieszanych lub liściastych zmniejszają regionalną bioróżnorodność oraz okazują się mało odporne na zagrożenia biotyczne i abiotyczne, również te związane ze zmianami klimatycznymi [Jactel i in. 2009]. Ponadto wykazano, że świerk zmienia właściwości gleb, bezpośrednio w rizosferze lub pośrednio poprzez ściółkę, której ilość i skład wpływają na zbiorowiska destruentów, tempo rozkładu szczątków organicznych, jakość powstających substancji organicznych [Hansson i in. 2011; Kiikkilä i in. 2012; Kondras i in. 2012; Gałka, Łabaz 2013, 2014], a także typ próchnicy [Łabaz i in. 2014]. Dominacja świerka lub innych gatunków iglastych może zatem przyczyniać się do zwiększenia kwasowości gleby i wzrostu stężenia glinu wymiennego [Paluch, Gruba 2012; Gruba i in. 2013], wpływać na aktywność mikrobiologiczną gleby [Błońska i in. 2013], tempo wietrzenia minerałów [Augusto i in. 2000], kompleks sorpcyjny [Maciaszek i in. 2009; Gałka i in. 2013], zasoby składników pokarmowych [Alriksson, Eriksson 1998; Szopka i in. 2010], a także nagromadzenie pierwiastków śladowych [Kabała, Szerszeń 2002; Szopka i in. 2011]. Z kolei Berger i in. [2002] oraz Gałka i in. [2014] wykazali, że zasoby węgla organicznego zgromadzone w warstwie ściółki oraz w glebie mineralnej mogą być, w tych samych warunkach glebowo-klimatycznych, znacząco wyższe pod drzewostanami świerkowymi niż liściastymi.

Badania nad wpływem różnych gatunków drzew na właściwości gleb prowadzone są zazwyczaj na mało licznych powierzchniach modelowych [Hansson i in. 2011] i dotyczą wąskiego spektrum glebowego. Z kolei multipowierzchniowe sieci monitoringowe [Szopka i in. 2011; Gałka i in. 2013] dostarczają danych nieco mniej precyzyjnych, ale liczniejszych i pochodzących z różnych warunków środowiskowych, co umożliwia testowanie statystyczne uniwersalności hipotez naukowych [Miścicki, Nowicka 2007].

Celem niniejszej pracy jest porównanie wpływu trzech kategorii drzewostanów na właściwości fizykochemiczne gleb czterech typów siedliskowych lasu w Górach Stołowych w oparciu o wyniki analiz z 373 stałych powierzchni monitoringowych. Oceniono ponadto wpływ monokultur świerkowych na wartość siedliskowego indeksu glebowego (SIG) na wytypowanych powierzchniach wzorcowych.

## **Materiał i metody**

Badania prowadzono w Parku Narodowym Gór Stołowych (PNGS) położonym w krainie VII – Sudeckiej, w dzielnicy Sudety Środkowe, zajmującym powierzchnię 63,3 km<sup>2</sup> w zakresie wysokości od 391 do 919 m n.p.m. Średnia roczna temperatura powietrza zmniejsza się z wysokością od 6,5°C do 4°C [Pawlak 2008]. Podobnie w funkcji wysokości rosną opady atmosferyczne (750-920 mm/rok) oraz długość zalegania pokrywy śnieżnej (70-95 dni). Centralna część masywu Gór Stołowych zbudowana jest z sekwencji górnokredowych piaskowców i mułowców, których wychodnie tworzą podłoże odpowiednio dla 54 i 31% gleb PNGS. W otoczeniu utworów kredowych występują granitoidy karbońskie i piaskowce permskie, będące skałami macierzystymi dla 11 i 3% gleb PNGS [Kabała i in. 2011]. W pokrywie glebowej dominują, na wszystkich podłożach mineralnych, gleby brunatne kwaśne (32% powierzchni PNGS). Gleby brunatne właściwe (wyługowane) i gleby płowe wytworzone z mułowców zajmują 24% powierzchni, natomiast gleby bielcowe wytworzone z piaskowców kredowych – 31% powierzchni PNGS. Mniejszą powierzchnię zajmują ponadto gleby inicjalne i rankery, gleby opadowo- i gruntowo-glejowe, gleby torfowe i mady rzeczne [Kabała i in. 2011]. Inwentaryzacja zasobów leśnych z lat 90. XX wieku wykazała dominację świerka w 83% i buka w 8% drzewostanów, podczas gdy oczekiwany udział tych gatunków oszacowano (w oparciu o typy siedlisk leśnych) na 25 i 51% [Jędruszczak, Miścicki 2001]. Na potrzeby analizy porównawczej drzewostany PNGS podzielono na 3 grupy: iglaste (IGL), przede wszystkim świerkowe, w których udział gatunków liściastych w górnych

piętrach nie przekracza 20%; liściaste (LIS), głównie bukowe, w których udział gatunków iglastych nie przekracza 20%; oraz mieszane (MIE), na ogół z dominacją świerka, ale ze znaczną (ponad 20%) domieszką gatunków liściastych. Przyjęcie progu 20% oparte było na terenowym rozpoznaniu wpływu gatunków domieszkowych na skład ściółki leśnej.

W latach 2005-2007 wyznaczono 402 kołowe powierzchnie obserwacyjne, w tym 373 pod lasami, o średnicy 8 m dla badań gleb i 25 m dla pomiarów drzewostanu, w regularnej siatce 400×400 m (odległości centroidów). Glebowe prace terenowe przeprowadzono w latach 2009-2011. Do analiz pobierano próbkę z poziomu ektopróchnicznego (organicznego) za pomocą cylindra stalowego o średnicy 17 cm w 5 powtórzeniach, próbki mineralne z głębokości 0-10 i 10-20 cm w 5-10 powtórzeniach (w zależności od lokalnej zmienności) za pomocą próbnika żłobkowego oraz w 5 powtórzeniach za pomocą cylinderka stalowego o objętości 100 cm<sup>3</sup> (dla oszacowania gęstości objętościowej). Na 18 powierzchniach wzorcowych wykonano głębokie odkrywki glebowe i pobrano próbki do analiz laboratoryjnych i obliczenia siedliskowego indeksu glebowego (SIG).

W próbkach o niezaburzonej strukturze oznaczono gęstość objętościową metodą suszarkowo-wagową. W pozostałych próbkach, po wysuszeniu, zmieleniu i odsianiu frakcji szkieletowej (>2 mm), oznaczono: skład granulometryczny (w próbkach mineralnych, metodą sitowo-areometryczną), zawartość węgla organicznego (metodą suchej mineralizacji, przy użyciu aparatu Stroelein CS-Mat), pH w wodzie destylowanej i 1M KCl (metodą potencjometryczną), kwasowość wymienną i glin wymienny (metodą miareczkowania potencjometrycznego), zawartość wymiennych kationów zasadowych – Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> i Na<sup>+</sup> w wyciągu octanu amonu o pH 7 (metodą atomowej spektroskopii absorbcyjnej) oraz przyswajalnych form fosforu i potasu (metodą Egnera-Riehma) i magnezu (metodą Schachtschabela). Zasoby węgla organicznego w poszczególnych warstwach (w t/ha) obliczono, uwzględniając zawartość węgla, gęstość objętościową oraz szkieletowość gleby. Wartość siedliskowego indeksu glebowego (SIG) dla profili na powierzchniach wzorcowych obliczono według metodyki Brożka i in. [2011]. Obliczenia statystyczne, w tym ocenę istotności różnic między średnimi (z zastosowaniem testu G Tukeya), wykonano w programie Statistica 10.

## Wyniki i dyskusja

Monokultury świerkowe występują nie tylko na około połowie badanych powierzchni monitoringowych zlokalizowanych na glebach bielcowych wytworzonych ze względnie uboższych piaskowców kredowych, ale także na jednej piątej gleb brunatnych i płowych wytworzonych z mułowców i piaskowcach permskich, utożsamianych z zasobnymi siedliskami sprzyjającymi gatunkom liściastym (tab. 1). Na wszystkich rodzajach podłoża geologicznego i typach gleb (z wyjątkiem gleb bielcowych) dominują drzewostany mieszane, przy czym w większości przypadków są to drzewostany z przewagą świerka lub innych gatunków iglastych. Największy odsetek monokultur świerkowych występuje na siedliskach borowych, ale ich obecność nawet na siedlisku lasu górskiego (świeżego) świadczy o stopniu zniekształcenia przestrzennej struktury drzewostanów PNGS (tab. 1). Udział poszczególnych typów siedliskowych lasu na powierzchniach monitoringowych jest bardzo zbliżony do ustalonego w wydzieleniach leśnych w latach 90.: las górski – 13%, las mieszany górski – 67%, bór mieszany górski – 18% i bór górski – 2% [Jędryszczak, Miścicki 2001].

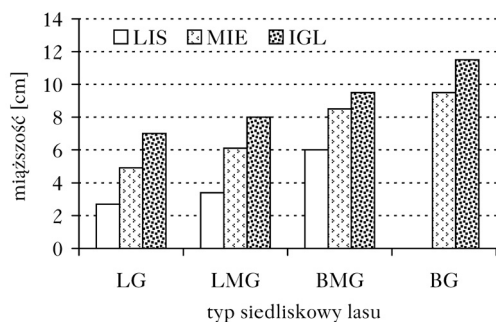
Zgodnie z oczekiwaniami, wraz z pogorszeniem troficzności siedliska (i zmniejszeniem aktywności fauny glebowej) rośnie średnia grubość poziomu organicznego – ektopróchnicznego (bez uwzględnienia świeżego opadu biomasy): z 3,4 cm pod drzewostanami liściastymi na siedlisku LG do 11,5 cm pod świerkiem na siedlisku BG (ryc. 1). W każdym typie siedlisko-

Tabela 1.

Udział [%] drzewostanów iglastych, liściastych i mieszanych na powierzchniach monitoringowych według podłoża geologicznego, typu gleby i typu siedliskowego lasu

Frequency [%] of coniferous, deciduous, and mixed stands on the monitoring sites by geological bedrock, soil type, and forest habitat type

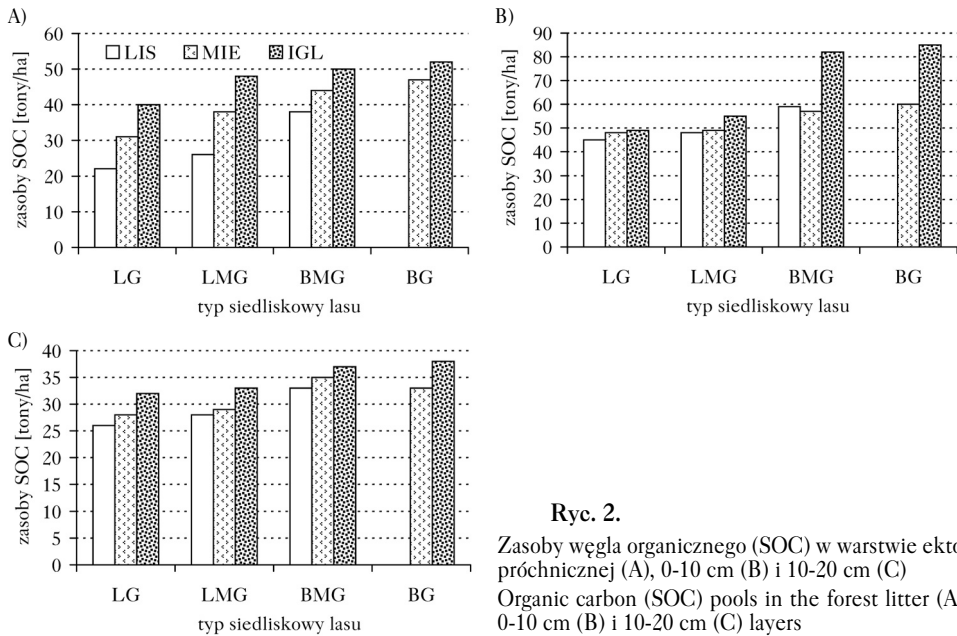
	Iglasty	Mieszany	Liściasty
Podłoże geologiczne			
Granit	13	77	11
Piaskowiec kredowy	47	51	2
Mułowiec kredowy	16	61	23
Piaskowiec permski	20	50	30
Typ gleby			
Inicjalne i rankery	13	73	13
Bielicowe i bielice	56	42	2
Brunatne kwaśne	18	77	5
Brunatne właściwe i płowe	15	55	30
Gruntowo- i opadowo-glejowe	26	61	13
Typ siedliskowy lasu			
Las górski	12	70	18
Las mieszany górski	32	62	7
Bór mieszany górski	49	40	12
Bór górski	67	33	0



Ryc. 1.

Mięszkość poziomu ektopróchnicznego  
Thickness of the ectohumus horizon (forest litter excluding fresh litterfall)

wym, szczególnie w siedliskach lasowych, wyraźnie dostrzegalny jest przyrost grubości poziomu ektopróchnicznego w miarę wzrostu udziału świerka (różnica nie jest istotna statystycznie między drzewostanem mieszany i iglastym na siedliskach BMG i BG). Wzrostowi miąższkości towarzyszy znacząca zmiana składu i struktury poziomów ektopróchnicznych (w tym ich gęstości) oraz wzrost zasobów węgla organicznego (ryc. 2A). W efekcie, mimo że na siedlisku LG różnica w zawartości węgla organicznego między ściółkami bukowymi i świerkowymi jest niewielka (34-38%), zasoby węgla organicznego zgromadzone w poziomach ektopróchnicznych pod świerkiem są dwukrotnie wyższe. Również na siedliskach borowych zasoby węgla są wyższe w poziomach ektopróchnicznych pod świerkiem, ale różnica nie przekracza 30% i nie jest statystycznie istotna między monokulturami a drzewostanami mieszany. W warstwach 0-10 oraz 10-20 cm na ogół zarówno zawartość węgla (w % masy gleby), jak i jego zasoby (w t/ha) były wyższe pod świerkiem niż pod bukiem, ale niekiedy te różnice nie były istotnie statystycznie, jak na siedliskach LG i LGM w warstwie 0-10 cm (ryc. 2B i C). Jednak na żadnym z badanych siedlisk nie stwierdzono pod świerkiem zmniejszenia zawartości lub zasobów węgla w warstwach powierzchniowych, co stwierdzili Maciaszek i in. [2009] w Bieskidach. Jak wykazano wcześniej



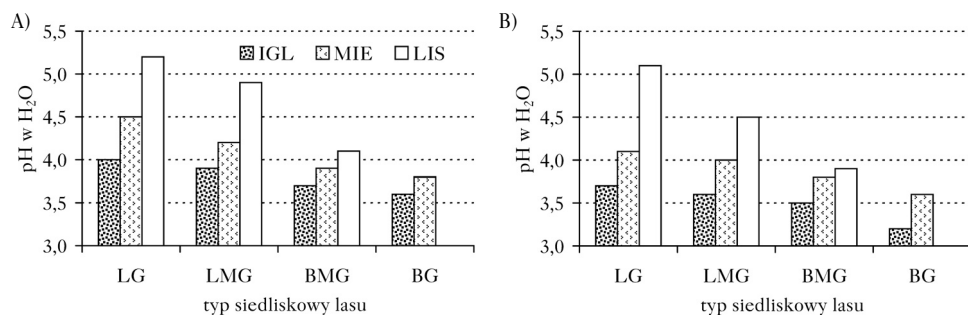
Ryc. 2.

Zasoby węgla organicznego (SOC) w warstwie ekto-  
 próchnicznej (A), 0-10 cm (B) i 10-20 cm (C)  
 Organic carbon (SOC) pools in the forest litter (A),  
 0-10 cm (B) i 10-20 cm (C) layers

[Gałka i in. 2014], różnice w zawartości węgla organicznego między drzewostanami świerkowymi i bukowymi na różnych podłożach geologicznych i typach gleb PNGS występują tylko w warstwach powierzchniowych. Można zatem przyjąć, że również w ujęciu siedliskowym znaczące różnice między drzewostanami występuwać będą głównie w warstwie ektopróchnicznej i 0-10 cm.

Ze wzrostem zawartości zhumifikowanej materii organicznej obniża się pH gleb i to w stopniu nieproporcjonalnie większym (ryc. 3). Znaczące obniżenie pH stwierdzono we wszystkich analizowanych warstwach, przy czym w największym nasileniu w warstwie 0-10 cm. Wartości pH i różnice między drzewostanami są najmniejsze na siedliskach borowych (w ściółce nieistotnie statystycznie), natomiast wyraźnie zwiększają się na siedliskach lasowych. Oznacza to, że domieszka lub nawet przewaga gatunków liściastych na siedlisku borowym nie jest w stanie znacząco podwyższyć pH gleby, podczas gdy dominacja świerka na siedliskach eutroficznych powoduje ich silne zakwaszenie, przynajmniej do głębokości 20 cm. Kwasowość wymienna oraz stężenie glinu wymiennego również są wyższe pod monokulturami świerkowymi, ale prawidłowości te nie są tak czytelne jak w przypadku pH i przeważnie nie są statystycznie istotne przy  $p < 0,05$ . Wydaje się jednak (ryc. 4), że zróżnicowanie stężenia glinu wymiennego w warstwach powierzchniowych było silniejsze na siedliskach lasowych niż borowych.

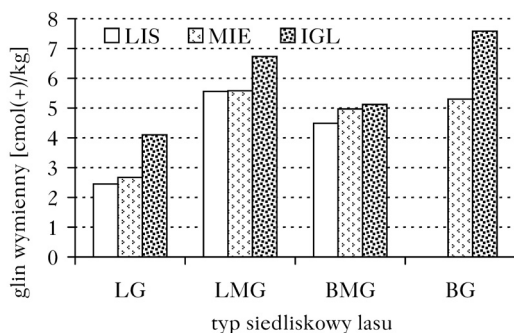
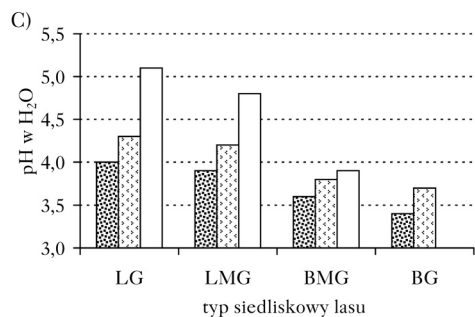
Suma wymiennych kationów zasadowych ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Na}^+$ ) w powierzchniowej (0-10 cm) warstwie gleb siedlisk lasowych była pod drzewostanami bukowymi dwukrotnie większa niż pod mieszanymi i 3-4-krotnie wyższa niż pod świerkowymi (ryc. 5A). Ubytek kationów zasadowych z powierzchniowych warstw gleby jest opisywany przez niemal wszystkich autorów zajmujących się oceną wpływu drzewostanów iglastych na glebę [Ranger, Nys 1994; Hagen-Thorn i in. 2004; Maciaszek i in. 2009; Hansson i in. 2011]. Jednocześnie jednak na siedliskach borowych nie stwierdzono różnicy w zawartości kationów wymiennych między drzewostanami świerkowymi, mieszanymi i bukowymi. W warstwie 10-20 cm prawidłowości dotyczące sumy kationów wymiennych były takie same jak w warstwie 0-10 cm – występowała istotna różnica między drzewostanami na siedliskach lasowych i brak statystycznie istotnych różnic na siedliskach borowych.



Ryc. 3.

Odczyn gleb (pH w H<sub>2</sub>O) w warstwie ektopróchnicznej (A), 0-10 cm (B) i 10-20 cm (C)

Soil reaction (pH in H<sub>2</sub>O) in the forest litter (A), 0-10 cm (B) i 10-20 cm (C) layers

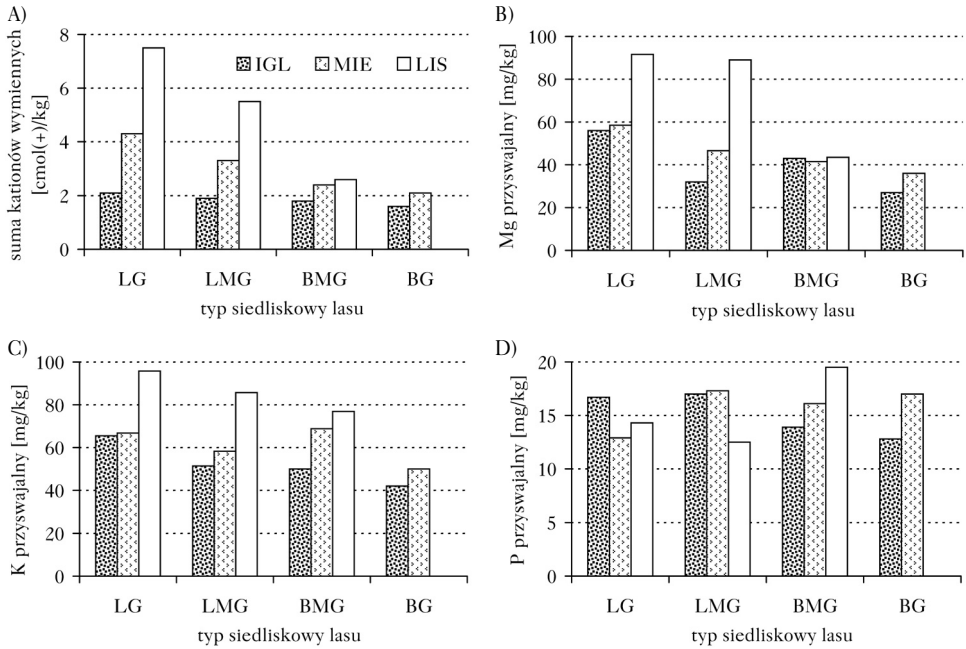


Ryc. 4.

Zawartość glinu wymiennego w mineralnej warstwie 0-10 cm

Exchangeable aluminium content in the mineral layer 0-10 cm

Zawartość przyswajalnych form najważniejszych makroskładników, czyli potasu, magnezu i fosforu, w powierzchniowej warstwie gleb pod różnymi drzewostanami kształtuje się w niejednakowy sposób. Magnez przyswajalny różnicuje się w sposób podobny do sumy kationów zasadowych, czyli (1) jego zawartość ogólnie zmniejsza się w gradiencie troficznym LG>LMG>BMG>BG, (2) występuje znacznie wyższa zawartość składnika w glebach pod drzewostanami bukowymi niż świerkowymi na siedliskach lasowych oraz brak jest różnic na siedliskach borowych (ryc. 5A). Zawartość potasu przyswajalnego również zmniejsza się w podobnym gradiencie siedliskowym (ryc. 5C), jednak istotnie wyższe stężenia potasu pod drzewostanami liściastymi (w porównaniu do iglastych) występują nie tylko w glebach siedlisk lasowych, ale i boru mieszanego. Zupełnie inaczej przedstawia się zróżnicowanie zawartości fosforu przyswajalnego: (1) brak jednoznacznego gradientu siedliskowego (w ciągu od LG do BG zawartość fosforu maleje po świerkiem, ale rośnie pod drzewostanami mieszanymi), (2) na siedlisku BG zawartość fosforu pod świerkiem jest mniejsza niż pod bukiem, ale na siedliskach lasowych – odwrotnie, (3) zróżnicowanie zawartości ogólnie jest niewielkie i statystycznie nieistotne (ryc. 5D). W tej sytuacji trudno jest fosforowi przypisywać jakiegokolwiek znaczenie diagnostyczne przy ocenie żyzności siedlisk



Ryc. 5.

Suma wymiennych kationów zasadowych (A) oraz przyswajalnego magnezu (B), potasu (C) i fosforu (D) w mineralnej warstwie gleb (0-10 cm)

Sum of exchangeable base cations (A), and plant-available magnesium (B), potassium (C) and phosphorus (D) in the mineral layer (0-10 cm)

leśnych, przynajmniej przy zastosowaniu obecnej metody oznaczania tego składnika. Relatywnie wysoka zawartość fosforu pod drzewostanami świerkowymi na siedliskach lasowych na podłożu mułowców kredowych może być pozostałością dawnego rolniczego użytkowania tych gleb – przed ich zalesieniem (na przykład w rejonie tzw. Sawanny Łężyckiej). Co ciekawe, również Hagen-Thorn i in. [2004] stwierdzili najwyższą zawartość fosforu pod drzewostanem świerkowym, podczas gdy zawartość innych makroskładników była pod świerkiem najniższa.

W głębokich profilach glebowych zestawionych w parach zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie na tym samym podłożu geologicznym i typie gleby, ale pod kontrastowo odmiennymi drzewostanami (monokultura świerkowa vs. drzewostan liściasty, najczęściej bukowy), obliczono wartości wskaźnika siedliskowego indeksu glebowego (tab. 2). Średnie wartości SIG na wszystkich porównywanych podłożach geologicznych były niższe pod drzewostanami świerkowymi niż bukowymi (liściastymi), jednak skala zróżnicowania nie była jednakowa. Mimo że najsilniejsze zakwaszenie oraz największe zubożenie warstw powierzchniowych w wymienne kationy zasadowe stwierdzono pod świerkiem w siedliskach lasowych (głównie na podłożu mułowców i piaskowców permskich), to różnice wartości SIG na tych podłożach są relatywnie najmniejsze (tab. 2), głównie za sprawą zwiększonego uziarnienia tych gleb, szczególnie na mułowcach. Znacznie większe różnice stwierdzono w uboższych we frakcje ilaste glebach wytworzonych z granitoidów oraz piaskowców górnokredowych, gdzie wpływ uziarnienia na wartość SIG jest mniejszy, przez co oddziaływanie zmienionych właściwości fizykochemicznych – odpowiednio większe. Różnica między analizowanymi parami profili wynosiła od 0 do 3 jednostek, ale zawsze wahała się w ramach tej samej klasy troficzności, a więc w żadnej z par profili (powierzchni) niższa wartość SIG

Tabela 2.

Siedliskowy Indeks Glebowy (SIG) gleb na różnych podłożach geologicznych pod drzewostanami świerkowymi i bukowymi

Soil trophic index (SIG) values of soils on various geological bedrocks under spruce and beech stands

Skala macierzysta gleb	Drzewostan	
	Świerkowy	Bukowy
Piaskowiec górnokredowy	21-30	25-30
Mułowiec górnokredowy	33-36	33-37
Piaskowiec permski	29-34	30-35
Granit	29-31	30-33

pod świerkiem nie skutkowałą zmianą diagnozy siedliskowej. Również zdaniem Gruby i in. [2011] nasadzenia iglaste mogą istotnie wpływać na wartość SIG i na diagnozę siedliskową na glebach piaskowych oraz zupełnie nieznacznie na glebach o drobnoziarnistym uziarnieniu, mimo wyraźnego przekształcenia właściwości fizykochemicznych w poziomach powierzchniowych.

Zgromadzony materiał porównawczy, pochodzący z czterech różnych podłoży geologicznych i kilku typów gleb tworzących kombinacje czterech typów siedliskowych (lasu górskiego, lasu mieszanego górskiego, boru mieszanego górskiego oraz boru górskiego), jednoznacznie wskazuje, że drzewostany zdominowane przez świerk negatywnie wpływają na właściwości fizykochemiczne powierzchniowej warstwy gleb, tzn. przede wszystkim przyczyniają się do obniżenia pH, zwiększenia aktywności glinu wymiennego, wyługowania kationów zasadowych, szczególnie wapnia i magnezu, a także zmniejszenia zawartości przyswajalnych form potasu i magnezu. Wpływ drzewostanów świerkowych na zawartość przyswajalnego fosforu nie jest jednoznaczny. Zmiany te następują w kontekście zwiększenia miąższości oraz zmiany składu i struktury poziomu ektopróchnicznego (ściółki leśnej), który pod monokulturami świerkowymi osiąga znacznie większą miąższość i gromadzi znacznie większe zasoby węgla organicznego niż pod drzewostanami liściastymi (w tych samych siedliskach). Nieco większe zasoby węgla zgromadzone są też w powierzchniowych mineralnych warstwach gleb pod świerkiem. Gleby drzewostanów świerkowych w Górach Stołowych gromadzą zatem większe niż pod drzewostanami liściastymi ilości węgla, co należy uznać za efekt pozytywny w kontekście globalnego dążenia do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> i zwiększenia jego sekwestracji metodami naturalnymi oraz technicznymi.

Wpływ monokultur świerkowych na gleby jest wielokierunkowy i na tyle istotny, że zmniejsza wartość syntetycznego siedliskowego indeksu glebowego (SIG), a więc jednoznacznie obniża troficzność gleby i może być podstawą niższej wyceny potencjału troficznego siedliska. Przeprowadzone badania wykazały jednak, że wpływ monokultur świerkowych nie jest jednakowo silny na różnych siedliskach. Jednoznacznie najbardziej niekorzystne na chemizm, w tym zasobność gleb, było oddziaływanie monokultur świerkowych wprowadzonych na gleby siedlisk lasowych, szczególnie lasu górskiego. Natomiast na siedliskach borowych różnice w odczynie gleby oraz zawartości wymiennych kationów zasadowych, a także przyswajalnych makroskładników między porównywanymi drzewostanami były na ogół niewielkie i nieistotne statystycznie (z wyjątkiem potasu przyswajalnego). Fakt ten niekoniecznie należy interpretować jako brak negatywnego wpływu świerka na gleby siedlisk borowych. Na siedliskach tych, ze względu na kwaśniejszy odczyn gleby i mniejszą zasobność w kationy wymienne i składniki pokarmowe, a często również bardziej gruboziarniste uziarnienie, drzewostany zdominowane przez gatunki iglaste (w tym świerk) można uznać za zbliżone do naturalnych, a więc również jakość gleby pod drzewostanem iglastym lub mieszanym z przewagą świerka należy traktować jako typową dla tego siedliska.



W tym kontekście brak znaczącej poprawy parametrów fizykochemicznych pod monokulturami gatunków liściastych wskazuje na słaby potencjał tych drzewostanów do naprawy wadliwych stosunków w kompleksie sorpcyjnym po przebudowie drzewostanu świerkowego na liściasty. Do podobnych wniosków doszedł Gruba [2012], analizując proporcje wymiennego wapnia i glinu w glebach pod drzewostanami liściastymi (dąb, buk, grab) i iglastymi (świerk, sosna) w Małopolsce. Jego zdaniem wapń uwalniany w większych ilościach z rozkładającej się ściółki drzew liściastych nie trafia do kompleksu sorpcyjnego ze względu na glin silnie blokujący dostęp do miejsc wymiany. Składniki takie jak wapń, magnez i potas z rozkładu liści są dostępne w roztworze glebowym i mogą być pobierane przez korzenie roślin (również runa), co wywołuje pozytywny efekt troficzny, ale przez dłuższy czas niemożliwy do zaobserwowania w składzie kompleksu sorpcyjnego.

## Podsumowanie

Uzyskane wyniki wskazują, że przebudowa drzewostanów zdominowanych przez świerk polegająca na zwiększeniu udziału gatunków liściastych jest w Parku Narodowym Gór Stołowych działaniem bardzo pożądanym, gdyż zahamuje fizykochemiczną i troficzną degradację siedlisk zasobniejszych, czyli lasu górskiego i lasu górskiego mieszanego, w których drzewostany z dominacją świerka mają wyraźnie niekorzystny wpływ na glebę. Zwiększenie udziału gatunków liściastych, w tym szczególnie buka, spowoduje wyraźne przyspieszenie tempa mineralizacji szczątków roślinnych oraz zmniejszenie zasobów węgla organicznego w ściółce i powierzchniowych poziomach mineralnych, ale nie przyczyni się do raptownej poprawy zniekształconych przez świerk właściwości fizykochemicznych gleb i ich statusu troficznego.

## Podziękowania

Serdecznie dziękujemy Dyrekcji Parku Narodowego Gór Stołowych za przychyłność i wszelką pomoc w realizacji badań, a także wszystkim osobom uczestniczącym w pracach terenowych i laboratoryjnych, w szczególności studentom zrzeszonym w Kole Naukowym Gleboznawstwa przy Instytucie Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego.

## Literatura

- Alriksson A., Eriksson H. M. 1998. Variations in mineral nutrient and C distribution in the soil and vegetation compartments of five temperate tree species in NE Sweden. *For. Ecol. Manage.* 108: 261-273.
- Augusto L., Turpault M. P., Ranger J. 2000. Impact of forest tree species on feldspar weathering rates. *Geoderma* 96: 215-237.
- Berger T. W., Neubauer C., Glatzel G. 2002. Factors controlling soil carbon and nitrogen stores in pure stands of Norway spruce (*Picea abies*) and mixed species stands in Austria. *For. Ecol. Manage.* 159: 3-14.
- Błońska E., Lasota J., Januszek K. 2013. Variability of enzymatic activity in forest Cambisols and Brunic Arenosols of Polish lowland areas. *Soil Science Annual* 64 (2): 54-59.
- Brożek S., Lasota J., Zwydak M., Wanic T., Gruba P., Błońska E. 2011. Zastosowanie siedliskowego indeksu glebowego (SIG) w diagnozie typów siedlisk leśnych. *Soil Science Annual – Roczn. Glebozn.* 62 (4): 133-149.
- Gałka B., Łabaz 2013. Właściwości kwasów huminowych poziomów próchnicznych gleb leśnych Gór Stołowych. *Sylvan* 157 (10): 780-785.
- Gałka B., Łabaz B. 2014. Skład frakcyjny materii organicznej powierzchniowych poziomów próchnicznych gleb leśnych Gór Stołowych. *Sylvan* 158 (1): 18-25.
- Gałka B., Łabaz B., Bogacz A., Bojko O., Kabała C. 2014. Conversion of Norway spruce forests will reduce organic carbon pools in the mountain soils of SW Poland. *Geoderma* 213: 287-295.
- Gałka B., Podlaska M., Kabała C. 2013. Siedliskotwórcze właściwości gleb brunatnych kwaśnych wytworzonych z granitoidów w Górach Stołowych. *Sylvan* 157 (5): 385-394.
- Gruba P. 2012. Zależności pomiędzy wybranymi właściwościami jonowymiennymi gleb leśnych oraz ich zmiany pod wpływem drzewostanów. *Zesz. Nauk. UR, Kraków* 489. Rozprawy 366.

- Gruba P., Mulder J., Brożek S. 2013. Modelling the pH dependency of dissolved calcium and aluminium in O, A and B horizons of acid forest soils, *Geoderma* 206: 85-91.
- Gruba P., Mulder J., Pacanowski P. 2011. Wpływ drzewostanu na siedliskowy indeks glebowy. *Soil Science Annual – Roczn. Glebozn.* 62 (4): 182-189.
- Hägen-Thorn A., Callesen I., Armolaitis K., Nihlgård B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations on former agricultural land. *For. Ecol. Manage.* 195: 373-384.
- Hansson K., Olsson B. A., Olsson M., Johansson U. 2011. Differences in soil properties in adjacent stands of Scots pine, Norway spruce and silver birch in SW Sweden. *For. Ecol. Manage.* 262: 522-530.
- Jactel H., Nicoll B. C., Branco M., Gonzalez-Olabarria J. R., Grodzki W. 2009. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage. *Ann. Forest. Sci.* 66: 7.
- Jędruszczak E., Miścicki S. 2001. Lasy Parku Narodowego Gór Stołowych. *Szczeliniec* 5: 79-103.
- Kabała C., Chodak T., Bogacz A., Łabaz B. 2011. Przestrzenne zróżnicowanie gleb i siedlisk Parku Narodowego Gór Stołowych. W: Chodak T. [red.]. *Geoekologiczne warunki środowiska przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych*. WIND, Wrocław. 141-168.
- Kabała C., Szerszeń L. 2002. Profile distribution of lead, zinc and copper in Dystric Cambisols developed from granite and gneiss of the Sudetes Mountains, Poland. *Water Air Soil Pollution* 138: 307-317.
- Kiikkilä O., Kitunen V., Spetz P., Smolander A. 2012. Characterization of dissolved organic matter in decomposing Norway spruce and silver birch litter. *Eur. J. Soil Sci.* 63: 476-486.
- Kondras M., Człapińska-Kamińska D., Sienicka P., Otręba A., Torzewski K., Oktaba L. 2012. The stock of organic carbon in forest soils in phytocenosis of the continental mixed coniferous forest in Kampinos National Park. *Soil Science Annual – Roczn. Glebozn.* 63 (4): 26-33.
- Łabaz B., Gałka B., Bogacz A., Waroszewski J., Kabała C. 2014. Factors influencing humus forms and forest litter properties in the mid-mountains under temperate climate of southwestern Poland. *Geoderma* 230–231: 265-273.
- Maciaszek W., Gruba P., Lasota J., Wanic T., Zwydak M. 2009. Właściwości fizykochemiczne gleb drzewostanów naturalnych i świerkowych w Beskidzie Zachodnim. *Sylwan* 153 (3): 338-345.
- Miścicki S., Nowicka E. 2007. Pomiar zasobów leśnych z wykorzystaniem stałych koncentrycznych powierzchni próbných – problemy i próby rozwiązań. *Sylwan* 151 (8): 15-26.
- Paluch J. G., Gruba P. 2012. Effect of local species composition on topsoil properties in mixed stands with silver fir (*Abies alba* Mill.). *Forestry* 85: 413-425.
- Pawlak W. 2008. *Atlas of Lower and Opole Silesia*, 2nd ed. Wrocław University, Wrocław.
- Ranger J., Nys C. 1994. The effect of spruce (*Picea abies* Karst) on soil development – an analytical and experimental approach. *European Journal Soil Science* 45 (2): 193-204.
- Rykowski K. 2010. O przebudowie drzewostanów z różnorodnością biologiczną w tle. *Sylwan* 154 (4): 219-233.
- Szopka K., Kabała C., Karczewska A., Bogacz A., Jezierski P. 2010. Pools of available nutrients in soils from different altitudinal forest zones located in a monitoring system of the Karkonosze Mountains National Park, Poland. *Polish J. Soil Science* 43 (2): 173-188.
- Szopka K., Karczewska A., Jezierski P., Kabała C. 2013. Spatial distribution of lead in the surface layers of mountain forest soils, an example from the Karkonosze National Park, Poland. *Geoderma* 192: 259-268.
- Szopka K., Karczewska A., Kabała C. 2011. Mercury accumulation in the surface layers of mountain soils: A case study from the Karkonosze Mountains, Poland. *Chemosphere* 83: 1507-1512.

## SUMMARY

### Influence of stands with diversified share of Norway spruce in species structure on soils of various forest habitats in the Stołowe Mountains

Physico-chemical properties and macronutrient fertility of soils were compared under spruce, mixed and beech stands in four types of forest habitat (mountain broadleaf forest, mountain mixed broadleaf forest, mountain mixed coniferous forest and mountain coniferous forest) in 373 sites of forest monitoring in the Stołowe Mountains National Park, SW Poland, localized on four types of geological bedrocks (granites, Permian sandstones, Cretaceous sandstones and Cretaceous mudstones), and on various soil types (Leptosols, Podzols, Eutric and Dystric Cambisols, Luvisols, Stagnosols, and Gleysols). Soils under the spruce monocultures had in their upper horizons (the forest litter and 0-10 cm) the significantly higher organic carbon pools, but lower pH, increased activity of exchangeable aluminum, lower contents of exchangeable

base cations, available potassium and magnesium (without changes in available phosphorus), resulting finally in lower values of the soil trophic index (SIG). The negative impact of spruce monocultures on the physicochemical soil properties was much stronger in the eutrophic habitats (dedicated to broadleaf forest) than in dystrophic ones. Under the broadleaf forests, mainly beech stands, introduced to the dystrophic habitats, a positive, but weak influence on the chemical soil properties was found. It may indicate that the conversion of the coniferous into mixed or deciduous stands will stop the further soil acidification and leaching, but will not cause a rapid improvement in the physicochemical soil properties deformed previously under spruce monocultures.