

Oksana Maryskevych, Iryna Shpakivska
Instytut Ekologii Karpat NAN Ukrainy
ul. Kozelnycka, 4
Lwów, 79026, Ukraina
maryskevych@ukr.net

Received: 6.05.2008
Reviewed: 26.06.2008

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNE I BIOTYCZNE GLEB W BUKOWYCH PRALASACH BORŻAWY (UKRAIŃSKA CZĘŚĆ KARPAT WSCHODNICH)

Soil physical, chemical and biotic properties in the primeval forests of Borzhava Massif (Ukrainian part of the Eastern Carpathians)

Abstract: Physical, chemical and biological characteristics of upper layer soil horizons in the ecosystems of different phases of primeval beech forest development of the Borzhava were studied. Parameters of the nitrogen mineralization and content of the readily soluble forms of nitrogen reflect the different phases of primeval beech forest development.

Key words: primeval beech forest, phases of development, Eutric Cambisols, biotic activity, Ukrainian Carpathians

Wstęp

Zmiany legislacyjne w Kodeksie Leśnym Ukrainy zagwarantowały prawną ochronę pralasów. Największe obszary lasów pierwotnych na obszarze Ukrainy i Europy Środkowej zachowały się na Zakarpaciu. Część tych ekosystemów do tej pory nie jest objęta ochroną ścisłą.

Celem badań było ustalenie relacji pomiędzy drzewostanami o różnej strukturze, w różnych fazach rozwoju pralasu bukowego, a właściwościami gleby. Przeanalizowano dwie grupy właściwości – fizyko-chemiczne jako kompleks oznak konserwatywnych, które charakteryzują proces glebotwórczy („gleba-pamięć”) i biotyczne jako oznaki dynamiczne, wskazujące na intensywność przebiegu procesów wyłącznie w czasie obserwacji („gleba-moment”). Dzięki „glebie-pamięci” gromadzona jest i zachowuje się informacja o długotrwałym okresie rozwoju ekosystemu leśnego, podczas gdy „gleba-moment” informuje nas o krótkotrwałych zmianach jego komponentów (Targulyan, Sokolov 1976).

Przestrzenne zróżnicowanie właściwości biotycznych w glebach naturalnych lasów bukowych było podmiotem nielicznych tylko badań (Gömoryövä 2004; Gömoryövä i in. 2006).

Badania prowadzono w ukraińskiej części Karpat Wschodnich – w lasach Borżawy.

Pralasy w Karpatach Ukraińskich

Początki ochrony pralasów bukowych oraz jodłowo-bukowych na Zakarpaciu datować należy na lata 1910–1912, kiedy to węgierscy leśnicy objęli ochroną ścisłą dwa kompleksy leśne – w Stuzicy i w zlewni rzeki Ticha na terenie obecnego rejonu wielkobereznianskiego (Stojko 2007). Kompleksowe badania tych drzewostanów przeprowadził czeski botanik Alojzy Zlatnik, który jeszcze przed II wojną światową założył powierzchnie monitoringowe w Stuzicy oraz Jaworniku – obecnie teren Użańskiego PN (Zlatnik i in. 1938). Powtórny inwentaryzacje na tych samych powierzchniach przeprowadził Vološčuk (2003), co pozwoliło uzyskać ważne informacje o prawidłowościach rozwoju pralasów na przestrzeni 60 lat bez ingerencji człowieka (Bernadzi i in. 1997). Programy badawcze w pralaszach Karpat ukraińskich kontynuuje szereg naukowców ukraińskich (Stojko i in. 1982; Parpan 1994; Stojko 1998; 2007; Chernyavskij 2000).

W ostatnich latach następuje znacząca intensyfikacja kompleksowych badań pralasów bukowych na terenie Karpackiego Rezerwatu Biosfery, w ramach międzynarodowych projektów realizowanych wspólnie ze Szwajcarią oraz Holandią (Brändli, Dohanytsch 2003; Stojko 2007). Prowadzone są także liczne prace dotyczące właściwości gleb na tych obszarach Karpat Ukraińskich (Chernyavskij, Genyk, Maryskevych 1998; Maryskevych, Shpakivska 2000; Voitkiv, Ivanega 2006; Voitkiv 2007).

Na podstawie takich badań przeprowadzonych przez Stojkę (1998) ustalono 10 kryteriów ekologicznych i biocenotycznych przydatnych do oceny stanu naturalności ekosystemów leśnych. Według tej waloryzacji za pralasy uznaje się ekosystemy spełniające kilka warunków: całkowita zgodność składu naturalnej dendroflory z warunkami siedliskowymi, zróżnicowanie przestrzenne faz rozwojowych, wielopokoleniowa struktura wiekowa drzewostanu, naturalny stan gleby, naturalna struktura i morfologia ściółki, naturalne zamieranie i rozkład drzew oraz całkowita zgodność fauny kręgowców z warunkami siedliskowymi. Według tych kryteriów oszacowano powierzchnie lasów naturalnych w obrębie największych obszarów chronionych w Karpatach Ukraińskich oraz Polesia (Stojko 1998, 2007). Ustalono, że powierzchnia lasów naturalnych w wieku powyżej 150 lat wynosi około 60 tys. ha, w tym ok. 30 tys. ha zajmują pralasy oraz lasy zbliżone do pierwotnych, co stanowi 2,4% ogólnej powierzchni lasów w Karpatach Ukraińskich. Oprócz terenów chronionych pralasy zachowały się również w strefie przypołoninowej Czarnohory, Świdowca, Marmaroszu, Gorganów oraz Beskidów.

Według badań Chernyavskiego (1995), w ukraińskiej części Karpat Wschodnich pralasy bukowe zajmują powierzchnię ok. 16,5 tys. ha, a zbiorowiska buczyn zbliżonych do naturalnych (pierwotnych) zajmują dalsze 10 tys. ha. Największe kompleksy naturalnych lasów bukowych (ok. 4 tys. ha) oraz 3,5 tys. ha lasów uznawanych za naturalne, a do tej pory nie objęte ochroną, zachowały się w strefie przypołoninowej Borżawy oraz Iwłowa. Najczęściej dominuje tam podzespół typowej żyznej buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum typicum*, która wg klasyfikacji ukraińskiej nazywana jest *Fagetum dentariosum* oraz *Fagetum asperulosum* (Chernyavskij 1995).

Pod pralasami występują zazwyczaj gleby brunatne właściwe wyługowane, rzadziej gleby brunatne kwaśne.

Przedmiot badań i metodyka

Badania prowadzono na 14 powierzchniach badawczych zlokalizowanych w lasach bukowych (zbiorowisko *Dentario glandulosae-Fagetum*) na południowych stokach góry Stój (Połonina Borżawa), o nachyleniu 35–45°, na wysokości 800–900 m n.p.m. (Nadleśnictwo Swaljawa RDLP w Uzhgorodzie). Udział innych gatunków w drzewostanie (*Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides* L.) nie przekraczał 2–5%. Według strefowania geobotanicznego Ukrainy (Holubets i Malynovskij 1967), powierzchnie te znajdują się w rachowsko-turkowsko-beregometskim okręgu bukowych lasów zakarpaccich. W pokrywie glebowej terenu dominują gleby brunatne właściwe wyługowane (*Eutric Cambisols*) wytworzone na podłożu fliszowych piaskowców i łupków ilastych. Według strefowania glebowo-geograficznego Zakarpacia teren badań znajduje się w obrębie rejonu borżawsko-równeńskiego okręgu połonińsko-śródgórskiego gleb leśnych lub łąkowych brunatnych kwaśnych i wyługowanych (Rudneva 1960).

Każdą z 7 faz rozwojowych pralasu bukowego – optymalną, starzenia, rozpadu, odnowienia, lasu różnowiekowego (przerębowego), młodocianą oraz dorastania – reprezentowały po dwie z 14 powierzchni badawczych. Wyodrębnienia faz rozwoju lasów bukowych dokonano wg merytorycznych podstaw Leibundguta (1959). Zróżnicowanie wiekowe drzewostanów bukowych wynosiło od 10 do 320 lat, podczas gdy ich zasobność wahała się od 350 m³/ha (w fazie rozpadu) do 696 m³/ha (w fazie optymalnej).

Właściwości gleb oznaczano według przyjętych na Ukrainie metod (Arinushkina 1970); węgiel biomasy mikroorganizmów glebowych – metodą rehydratacji (Błagodatskij i in. 1987), węgiel rozpuszczalny w wodzie – metodą hydrolizy wodą gorącą (75°C) w ciągu 12 godzin (Chani i in. 2003), mineralizację azotu (amonifikacja, nityfikacja) – poprzez inkubację próbek w ciągu 21 dni przy 25°C (Ross, Tate 1993), aktywność enzymów glebowych – metodą Galstjana (1978).

Wyniki

Miąższość badanych profili glebowych mierzyła ok. 150 cm lub mniej. Stwierdzono dość duże różnice w zawartości materii organicznej oraz ogólnego azotu i fosforu, co prawdopodobnie uwarunkowane jest różnymi fazami rozwojowymi pralasu bukowego. Spośród wszystkich powierzchni badawczych minimalne wskaźniki kwasowości hydrolytycznej oraz maksymalny stopień wysycenia kationami zasadowymi obserwowano w glebie pod drzewostanami fazy optymalnej, która według tych właściwości jest zbliżona do fazy dorastania (Tab. 1). Zawartość łatwo przyswajalnych dla roślin form azotu wahała się w dość szerokich przedziałach od 1,10 do 10,60 mg·100g⁻¹ dla N-NO₃ oraz od 1,20 do 2,90 mg·100g⁻¹ dla związków N-NH₄. Najmniejsze zawartości (1,10–1,60 mg·100g⁻¹) łatwo przyswajalnych form azotu azotanowego obserwowano w glebach pod drzewostanami w fazach – odnowienia i optymalnej.

Badania właściwości biologicznych poziomów akumulacyjnych (A) gleb pod drzewostanami różnych faz rozwoju dotyczyły ustalenia parametrów obiegu węgla organicznego (węgiel biomasy mikroorganizmów oraz wodorozpuszczalny, aktywność sacharazy), azotu – (intensywność procesów mineralizacji przez oznaczenie amonifikacji i nitryfikacji, aktywność ureazy) i fosforu (aktywność ATFazy). Maksymalne wskaźniki zawartości węgla biomasy mikroorganizmów (2,18–2,45 mg·g⁻¹) oraz węgla wodorozpuszczalnego (2,10–2,40 mg·g⁻¹) jako substratu energetycznego dla drobnoustrojów glebowych (Pugett et al. 1999) stwierdzono w glebach drzewostanów fazy starzenia, rozpadu oraz odnowienia (Tab. 2). Przebieg procesów mineralizacji związków azotu charakteryzuje się wzrostem intensywności amonifikacji począwszy od fazy odnowienia do fazy starzenia (–0,45–7,04 mg N-NH₄·100 g⁻¹), co związane jest z różnym zapotrzebowaniem drzewostanu na azot amonowy. Nieznaczną mineralizację azotu stwierdzono w glebach faz starzenia i rozpadu lasu bukowego. Aktywność enzymów hydrolytycznych obiegu azotu i fosforu była najwyższa w glebach drzewostanów fazy rozpadu. Inne enzymy glebowe, np. sacharaza i katalaza, nie wykazują korelacji z drzewostanami różnych faz rozwojowych (Tab. 2).

Według badań Gömoryövej i in. (2006) wskaźnik przestrzennego zróżnicowania aktywności katalazy w poziomie A w słowackich glebach wulkanicznych (*Dystric Andosol*) wynosił ok. 30%.

Tabela 1. Właściwości fizyko-chemiczne poziomu A gleb brunatnych właściwych wylugowanych (*Eutric Cambisols*) w pralaszach bukowych (Borzawa, ukraińska część Karpat Wschodnich).

Table 1. Physical and chemical properties in A horizon of typical leached brown soils (*Eutric Cambisols*) in beech primeval forests (Borzava, Ukrainian part of the Eastern Carpathians).

Wskaźniki / Indexes	Fazy rozwoju lasu bukowego* / Phases of beech forest' development*						
	Optymalna <i>Optimal</i>	Starzenia <i>Aging</i>	Rozpadu <i>Decay</i>	Odmowienia <i>Regeneration</i>	Lasu różno- wiekowego <i>Multigenera- tion forest</i>	Młociąca <i>Young forest</i>	Dorastania <i>Immature</i>
pH H ₂ O	5,10	4,60	4,00	4,60	4,60	4,60	5,20
pH KCl	4,40	3,60	3,60	3,60	4,10	3,70	4,50
C organiczny / <i>Organic C</i> (%)	4,20	5,00	5,10	6,70	5,40	5,80	3,80
N całkowity / <i>Total N</i> (%)	0,33	0,33	0,41	0,52	0,40	0,31	0,35
P całkowity / <i>Total P</i> (%)	0,35	0,33	0,46	0,21	0,30	0,21	0,17
C/N	12,70	15,20	12,40	12,90	13,50	18,70	10,90
H (H ⁺ +Al ⁺) (cmol(+)/kg ⁻¹)	13,70	27,40	29,40	28,00	26,00	22,30	17,70
S (cmol(+)/kg ⁻¹)	9,80	6,40	6,90	4,10	7,90	5,40	10,70
V (%)	41,50	18,80	18,80	13,60	23,10	19,40	37,70
Formy łatwo przyswajalne <i>Forms easily available</i>	3,50	5,80	17,00	1,80	9,60	3,10	0,50
dla roślin / <i>Readily soluble</i>	25,00	19,80	14,20	16,50	16,00	19,90	38,10
<i>forms for plants</i>	2,30	1,20	2,40	2,40	2,90	2,60	1,80
(mg/100 g ⁻¹)	1,60	3,40	6,70	1,10	10,60	4,10	3,00

* - Leibundgut 1959

Tabela 2. Właściwości biologiczne poziomu A gleb brunatnych właściwych wylugowanych (*Eutric Cambisols*) w pralaszach bukowych (Borzawa, ukraińska część Karpat Wschodnich).

Table 2. Biological properties in A horizon of typical leached brown soils (*Eutric Cambisols*) in beech primeval forests (Borzava, Ukrainian part of the Eastern Carpathians).

Wskaźniki / <i>Indexes</i>	Fazy rozwoju lasu bukowego* / <i>Phases of beech forest' development*</i>						
	Optymalna <i>Optimal</i>	Starzenia <i>Aging</i>	Rozpadu <i>Decay</i>	Odnowienia <i>Regeneration</i>	Lasu różnowiekowego <i>Multigeneration forest</i>	Młodociana <i>Young forest</i>	Dorastania <i>Immature</i>
C biomasy mikroorganizmów <i>Microbial biomass C (mg·g⁻¹)</i>	0,95	2,18	2,30	2,45	1,03	1,16	0,68
C wodorozpuszczalny <i>Water-soluble C (mg·g⁻¹)</i>	0,90	2,10	2,30	2,40	1,30	0,80	0,40
Amonifikacja <i>Ammonification (mg N-NH₄/100 g⁻¹)</i>	5,20	7,04	5,55	-0,45	-0,06	0,24	1,89
Nitryfikacja <i>Nitrification (mg N-NO₃/100 g⁻¹)</i>	4,18	14,45	11,32	4,86	5,41	7,07	0,76
Mineralizacja N <i>Mineralization N (mg N/100 g⁻¹)</i>	9,38	21,49	16,87	4,41	5,35	7,31	3,65
Sacharaza / <i>Saccharase</i> (mg glukozy/g ⁻¹ /24 h)	67,20	108,20	60,10	68,10	60,40	63,20	33,90
Ureaza / <i>Urease</i> (mg N-NH ₄ /g ⁻¹ /24 h)	1,30	1,80	2,10	0,90	1,30	0,70	1,00
ATFaza / <i>ATFase</i> (mg P ₂ O ₅ /g ⁻¹ /24 h)	8,50	10,10	27,20	6,10	5,00	3,80	3,40
Katalaza / <i>Catalase</i> (cm ³ O ₂ /g ⁻¹ /1 min.)	2,00	1,30	0,90	1,50	1,50	1,30	2,70

* - Leibundgut 1959

Podsumowanie

Wyniki przedstawionej analizy procesów kształtowania i rozwoju pralaszów bukowych Karpat Ukraińskich na podstawie badań właściwości chemicznych i biologicznych gleb, w nawiązaniu do faz rozwojowych drzewostanów, wydają się być udane. Wskazują one na możliwość perspektywnego kierunku badań. Następnym etapem takiej analizy powinno być określanie zróżnicowania wskaźników chemicznych i biologicznych gleb, powiązanych z metabolizmem azotu i fosforu, w celu określenia ogólnych trendów ich dynamiki w obrębie różnych faz rozwojowych lasów bukowych.

Literatura

- Arinushkina E. V. 1970. Rukovodstvo po chimičeskomu analizu počv. Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, Moskva, 487 ss.
- Blagodatskij S. A., Blagodatskaya E. V., Gorbenko A. Yu., Panikov N. S. 1987. Regiratacyonnyj metod opredelenija biomassy mikroorganizmov. Počvovedenie 5: 64–71.
- Brändli U. B., Dowhanytsch J. (red.) 2003. Urwälder im Zentrum Europas. Ein Naturführer durch das Karpaten-Biosphärenreservat in der Ukraine Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Rachiw, Karpaten-Biosphärenreservat. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt, 192 ss.
- Bernadzki E., Bolibok L., Brzeziecki B., Zajączkowski J., Żybura H. 1997. Zmiany składu gatunkowego drzewostanów naturalnych w Białowieskim Parku Narodowym (1936–1993). Parki Narodowe i Rez. Przyr. 16, 2: 3–25.
- Chani A., Dexter M., Perrott K. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation. Soil Biology and Biochemistry 35: 1231–1243.
- Chernyavskij M. V. 1995. Dynamics of the beech virgin forest development. In: 6-th IUFRO Beech Symposium. Lviv, 12 pp.
- Chernyavskij M. V. 2000. Bukovi pralisy jak model' maibutnich lisiv v Ukrains'kych Karpatach. W: Doslidžennja baseinovi ekosystemy verchnogo Dnistra. Lviv: 164–183.
- Chernyavskij M., Genyk Ya., Maryshevych O. 1998. Gunty pryopolonnych bukovyh pralisyv Borzhavy. W: Značennja ta perspektyvy stacionarnych doslidžen' dlja zberezhennja bioriznomanittja. Lviv: 171–173.
- Galstyan A. Sh. 1978. Opredelenie aktivnosti fermentov počv. Erevan: 1–54.
- Gömoryövä E. 2004. Small-scale variation of microbial activities in a forest soil under a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. Polish J. Ecol. 52: 311–321.
- Gömoryövä E., Gregor J., Pichler V., Gömory D. 2006. Spatial patterns of soil microbial characteristics and soil moisture in a natural beech forest. Biologia, Bratislava 61/19: 329–333.
- Holubets M. A., Malynovskij K. A. 1967. Principy klassifikacii I klassifikacija rastitel'nosti Ukrainskich Karpat. Botan. Žurnal 52, 2: 189–201.
- Leibundgut H. 1959. Über Zweck und Methodik der Struktur und Zuwachsanalyse in Uhrwalde. Schweiz. Zeitschr. Forstwes 110: 11–124.
- Maryshevych O., Shpakivska I. 2000. Biotyčna aktyvnist' gruntiv v bukovyh lisach Borzhavy. Naukovyi Visnyk Ukrains'kogo Derzhavnogo Lisotechnicnogo Universytetu 9,10: 46–52.

- Parpan V. I. 1994. Struktura, dynamika, ekologični osnovy racional'nogo vykorystannja bukovych lisiv Karpats'kogo regionu. Dnipropetrovs'k: 1–42.
- Puget P., Angers D. A., Cheu C. 1999. Nature of carbohydrates associated with water-stable aggregates of two cultivated soils. *Soil Biology and Biochemistry* 31: 55–63.
- Ross D. J., Tate K. R. 1993. Microbial C and N in litter and soil of a southern beech (*Nothofagus*) forest; comparison of measurement procedures. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 467–475.
- Rudneva E. 1960. Poczvennyj pokrov Zakarpatskoj oblasti. Izdatel'stvo AN SSSR, Moskva, 230 ss.
- Stojko S. 1998. Virgin forest ecosystems of the Ukrainian Carpathians, their multilateral significance and measures of presentation. In: Lobarion lichens as indicator of primeval forests. Darwin International Conference. Kostrina, Ukraine: 22–33.
- Stojko S. 2007. Pralisy Karpat ta ich svitove značennja. *Zeleni Karpaty* 1–2: 18–21.
- Stojko S., Tassenkevych L., Milkina L. 1982. Flora i roslynnist' Karpackogo zapovidnyka. *Naukova dumka*, Kyiv, 218 ss.
- Targulyan V. O., Sokolov I. A. 1976. Strukturnyi i funkcionalnyi podchod k počve: počva-pamjat' i počva-moment. W: *Matematičeskoe modelirovanie v ekologii*. Nauka, Moskva: 45–60.
- Voitkiv P. 2007. Istorija doslidzhennja burozemiv Ukraïns'kych Karpat. W: *Istorija Ukraïns'koi geografii* 1: 87–96.
- Voitkiv P., Ivanega I. 2006. Burozemy pralisyv Uzhan's'kogo nacional'nogo pryrodnogo parku. *Visnyk Lviv's'kogo Universytetu. Serija Geografična* 33: 43–52.
- Vološčuk I. 2003. Ochrona prirody a krajiny. Zvolen, 234 ss.
- Zlatnik A., Korsun F., Kocetov F., Kseneman M. 1938. Prozkum přirozenych lesů na Podkarpatské Rusi. *Vegetace a stanovište rezervace Stužica, Javornik a Pop Ivan*. Brno, 244 ss.

Summary

Some of soil physical, chemical (pH, organic C, total N and P, C:N ratio, hydrolytic acidity, sum of exchangeable bases, base saturation of soil, readily soluble forms of N, P and K for plants) and biological activity indices (C of microbial biomass, water-soluble C, ammonification, nitrification, total nitrogen mineralization, activity of saccharase, urease and ATPase enzymes) in A horizon of Eutric Cambisols of the 7th age phases (optimal, aging, decay, regeneration, multigeneration forest, young forest, immature) of the Borzhava primeval beech forests (Zakarpatya region, Ukrainian part of Western Carpathians, 800–900 m a.s.l.) were investigated. Most indicative among the studied soils physical and chemical properties and biotic conditions indexes were the content of readily soluble N-NO₃ forms for plants (Table 1) and rate of total nitrogen mineralization and ammonification (Table 2). These parameters quite enough reflect the different phases of beech forest development. In particular, the maximum level of the indicated indexes for aging and decay phases of beech forest testify the accumulation of nitrogen in soil which is limiting at phases of restoration of these voluble ecosystems.