

DYNAMIKA PÔDNEJ RESPIRÁCIE NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH BIOSFÉRICKEJ REZERVÁCIE POĽANA

E. Gömöryová – K. Střelcová

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen
e-mail: egomory@vsld.tuzvo.sk

Abstrakt

In this study, temporal variability of soil respiration was studied in two *Picea abies* stands (a natural and an even-aged stand) and in an open area during the 2004 growing season. Basal soil respiration was determined in soil samples from the organic layers (Ool, Oof, Ooh) and from the mineral A-horizon. Soil respiration varied considerably during the growing season (coefficient of variation in all horizons was >50%). Soil respiration showed the same seasonal course in all investigated layers. Under the spruce stand, maximum values were observed in the litter layer (Ool). Significant differences were found between horizons in both forest stands (soil respiration rates decreased with depth, with minimum values in the A-horizon) and between sampling dates as well as among sites. Interaction terms were significant, indicating that temporal developments of moisture differed among sites as well as among horizons.

KLúčové slová: soil respiration, Norway spruce, forest soil

Úvod

V súvislosti s predpokladanými klimatickými zmenami možno očakávať aj zmeny v dekompozičných procesoch organickej hmoty a v kolobehu živín. Pre obe tieto oblasti sú určujúcimi interné procesy v pôde, ktoré sprostredkovávajú pôdne živočíchy a mikroorganizmy, ale do značnej miery ich ovplyvňuje aj človek svojim spôsobom hospodárenia v lesoch. Pôdna respirácia (výdaj CO₂ pôdou) je jednou z veľmi často zisťovaných biologických charakteristík pôdy, pretože patrí medzi ukazovatele celkovej mikrobiálnej aktivity pôdy (ukazovateľ miery dekompozície organickej hmoty). Je ovplyvňovaná viacerými faktormi – okrem teploty a vlhkosti pôdy vplývajú na ňu aj zásoby a kvalita živín v pôde, textúra pôdy, aerácia pôdy a v značnej miere aj spôsob obhospodarovania plochy. I keď tok CO₂ z pôdy, jeho variabilita (priestorová i časová) je pomerne dobre zdokumentovaná vo viacerých štúdiách, tieto sa týkajú predovšetkým pôd poľnohospodársky využívaných (lúky, polia). Podstatne menej informácií je k dispozícii z pôd pod lesnými porastami (Buchmann 2000, Vanhala 2002).

Cieľom tejto práce bolo zistiť, ako sa mení výdaj CO₂ pôdnymi mikroorganizmami v jednotlivých horizontoch pokrývkového humusu a A-horizontu lesnej pôdy na vybraných plochách BR Poľana v priebehu vegetačného obdobia r. 2004.

Materiál a metódy

Lokality, na ktorých uskutočňujeme výskum, sa nachádzajú v hrebeňovej časti prírodnej rezervácie Zadná Poľana v oblasti Predná Poľana asi 60 m od vrcholu Prednej Poľany. Nadmorská výška je 1347 m n. m, expozícia J až JZ, priemerná ročná teplota tu dosahuje 3,5 - 4,0°C, ročný úhrn zrážok 900 -1100 mm.

Jedna z lokalít sa nachádza v cca 80-ročnom rovnorodom, rovnovekom smrekovom poraste (plocha A), druhá v blízkom prírodnom lese s priemerným vekom 190 rokov, ide o porast prirodzeného pôvodu so zastúpením drevín sm – 93 %, bk – 4 %, jrb – 3 % (plocha B). Tretia lokalita (plocha C) leží na voľnej ploche (plocha bez drevín) s trávnatým porastom približne 40 m od plôch A a B.

Vzorky sme odoberali približne v 2–4 týždňových intervaloch v priebehu vegetačného obdobia r. 2004. V poraste i na voľnej ploche sme približne v 5 m odstupoch odoberali vzorky z 3-5 odberných miest, na každom odbernom mieste z jednotlivých horizontov pokrývkového humusu (Ool, Oof a Ooh) a z A - horizontu (z hĺbky 0-10 cm) na ploche A a B a z mačínového horizontu (Oom) a A - horizontu na ploche C. Pôdnu respiráciu (tzv. bazálnu respiráciu) sme stanovovali laboratórne – titračne Isermeyerovou metódou (Alef 1991). Vlhkosť pôdy sme stanovili gravimetricky – vysušením vzorky pri 105°C do konštantnej hmotnosti.

Vypočítali sme základné štatistické charakteristiky (priemer, smerodajnú odchýlku, variačný koeficient). Variabilitu pôdnej respirácie medzi plochami sme testovali analýzou variancie pomocou programového SAS 6.03 (Statistical Analysis System). Vzájomné vzťahy medzi pôdnymi charakteristikami boli hodnotené Spearmanovým korelačným koeficientom.

Výsledky a diskusia

Výdaj CO₂ pôdnymi mikroorganizmami značne kolísal v priebehu celého vegetačného obdobia na všetkých troch sledovaných plochách (obr.1-3). V jarnom období sme zaznamenali nárast hodnôt bazálnej respirácie s maximálnou hodnotou v júni, následne výrazný pokles v strede júla a opätovný výrazný nárast v auguste, pričom v tomto období sme namerali aj maximálne hodnoty v rámci vegetačného obdobia. Po poklese výdaja CO₂ pôdnymi mikroorganizmami koncom leta a začiatkom jesene v horizontoch pokrývkového humusu a mačínového horizontu opäť pozorovať nárast hodnôt.

Respirácia pôdy sa vyznačuje podobne ako ďalšie mikrobiálne charakteristiky značnou časovou variabilitou (Mäder et al., 1993). Nie vždy je jednoduché identifikovať príčiny sezónnej dynamiky. V niektorých prípadoch (Buchmann 2000, Scott-Denton *et al.* 2003, Gömöryová 2004) síce pôdna respirácia koreluje pomerne tesne s vlhkosťou pôdy, ale táto je len jednou z príčin jej variability. Teplota pôdy je ďalším faktorom, ktorý môže v značnej miere ovplyvňovať výdaj CO₂ pôdnymi mikroorganizmami. Scott-Denton *et al.* (2003) zistili, že teplota pôdy vysvetľuje taktiež len časť variability hodnôt pôdnej respirácie na určitom stanovišti, pričom z teplotných charakteristík najtesnejšie s pôdnou respiráciou korelovala priemerná denná teplota pôdy.

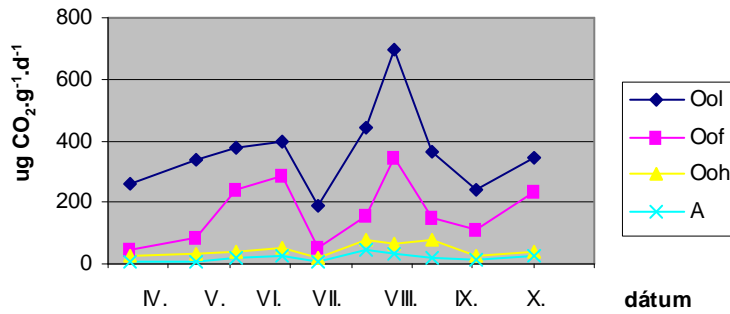
Na obr.4 uvádzame priemerné denné teploty vzduchu a na obr.5 denné úhrny zrážok v priebehu vegetačného obdobia r. 2004. Pri porovnaní priebehu výdaja CO₂ a priemerných denných teplôt či zrážkových úhrnov vidíme, že aj v našom prípade variabilitu pôdnej respirácie vysvetľujú len čiastočne. Na jar nárast hodnôt pôdnej respirácie súvisí so zvyšujúcou sa teplotou vzduchu a s ešte dostatočnými zásobami vody v pôde po jarnom topení snehu. Výrazný pokles hodnôt v júli je pravdepodobne zapríčinený teplým obdobím a najmä suchom, avšak pomerne výdatné zrážky a stále vysoké teploty koncom júla viedli k prudkému nárastu výdaja CO₂. Postupný pokles začiatkom jesene súvisí už s klesajúcou teplotou vzduchu. Prísun čerstvého organického materiálu po opade bylín (resp. stromov) má za následok opätovnú vyššiu mikrobiálnu činnosť v októbri.

V oboch smrekových porastoch sme maximálne hodnoty uvoľneného CO₂ zistili v Ool horizonte (tab.1). Smerom do hĺbky hodnoty pôdnej respirácie klesali, pričom minimálne hodnoty sme namerali v A-horizonte. Pokles pôdnej respirácie s hĺbkou súvisí s množstvom čerstvého organického materiálu a ľahko rozložiteľných látok, a tiež s množstvom mikroorganizmov. Berg *et al.* (1998) zistili v pôde pod borovicovým porastom v Ol horizonte taký istý počet baktérií ako v Of horizonte, pričom tento počet značne prevyšoval počet baktérií v Oh horizonte. K podobným záverom dospeli aj Kauri (1982) a Lundgren and Söderström (1983).

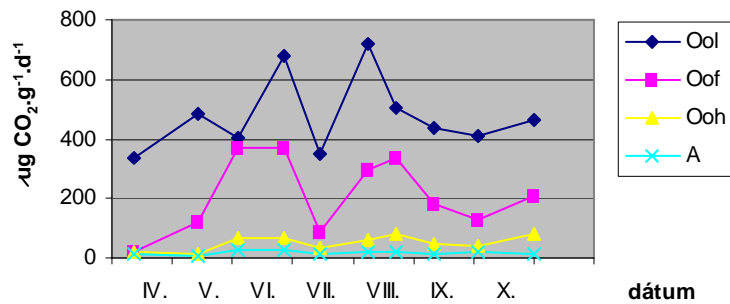
Zaznamenali sme podobný trend vývoja CO₂ v priebehu vegetačného obdobia vo všetkých horizontoch. Najvýraznejšie zmeny, najväčšiu variabilitu hodnôt pôdnej respirácie v priebehu vegetačného obdobia pozorovať v najvrchnejších horizontoch pokrývkového humusu (tab.1), pričom smerom do hĺbky sú hodnoty pôdnej respirácie menej rozkolísané. Kým pod porastami v Ool –horizonte predstavuje smerodajná odchýlka 180,60 µgCO₂.g⁻¹.d⁻¹ na A ploche a 197,70 µgCO₂.g⁻¹.d⁻¹ na ploche B, v A-horizonte je to už iba 15,83 µgCO₂.g⁻¹.d⁻¹ (A), resp. 8,77 µgCO₂.g⁻¹.d⁻¹ (B).

Údaje z tab.2 naznačujú, že vlhkosť pôdy v sledovaných horizontoch a na daných plochách sa vyznačovala iným priebehom ako pôdna respirácia. Na rozdiel od respirácie najvyššie priemerné

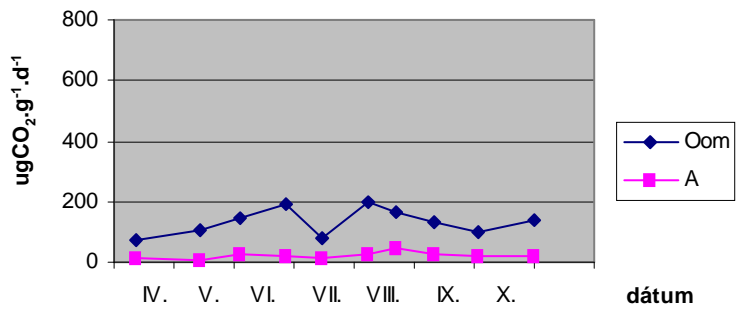
hodnoty sme nenamerali vo vrstve opadu (Ool), ale vo vrstve drviny (Oof). Takisto vlhkosť skúmaných vzoriek sa vyznačovala menšou variabilitou v priebehu vegetačného obdobia v porovnaní s výdajom CO₂.



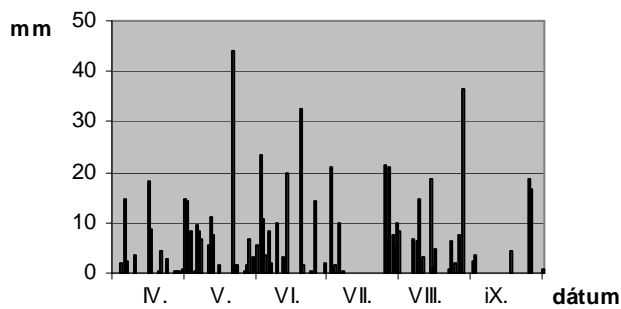
Obr.1 Bazálna respirácia ($\mu\text{gCO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) v jednotlivých horizontoch pôdy na ploche **A** vo vegetačnom období r.2004



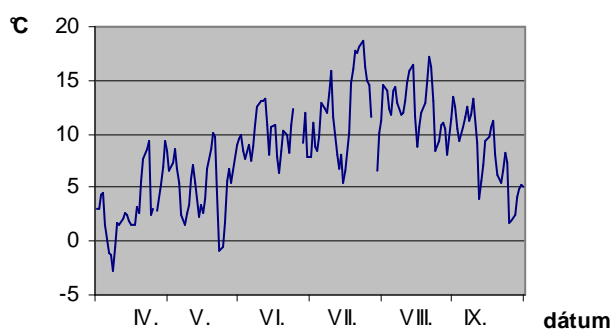
Obr.2 Bazálna respirácia ($\mu\text{gCO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) v jednotlivých horizontoch pôdy na ploche **B** vo vegetačnom období r.2004



Obr.3 Bazálna respirácia ($\mu\text{gCO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) v jednotlivých horizontoch pôdy na ploche **C** vo vegetačnom období r.2004



Obr.4 denné úhrny zrážok (mm) počas vegetačného obdobia r. 2004



Obr.5 Priemerná denná teplota vzduchu (°C) počas vegetačného obdobia r.2004

Tab. 1 Základné štatistické charakteristiky pôdnej respirácie ($\mu\text{g CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) v jednotlivých horizontoch pokrývkového humusu a A-horizonte na jednotlivých lokalitách za celé vegetačné obdobie r.2004

	priemer	s_x	V_x	min - max
Porast A				
Ool	364,44	180,60	49,56	127,27 – 1100,06
Oof	69,99	111,61	65,66	27,35 – 436,60
Ooh	44,53	23,60	52,99	9,73 – 97,00
A	20,46	15,83	77,42	0,33 – 79,47
Porast B				
Ool	478,58	197,70	41,31	147,77 – 1128,36
Oof	211,64	162,22	76,65	15,90 – 633,27
Ooh	50,25	41,62	82,84	5,66 – 193,06
A	17,42	8,77	50,33	3,55 – 36,69
Voľná plocha C				
Om	199,70	120,40	60,29	53,65 – 504,35
A	21,20	10,75	50,69	2,22 – 57,77

Vysvetlivky: s_x - smerodajná odchýlka, V_x - variačný koeficient, min. – minimálna hodnota, max. – maximálna hodnota

Tab. 2 Základné štatistické charakteristiky vlhkosti pôdy (hmotnostné %) v jednotlivých horizontoch pokrývkového humusu a A-horizonte na jednotlivých lokalitách za vegetačné obdobie 2004

	priemer	s_x	V_x	min - max
Porast A				
Ool	130,89	74,49	56,91	33,63 – 276,33
Oof	151,72	43,75	28,84	67,63 – 260,00
Ooh	99,97	26,60	26,60	38,81 – 159,19
A	83,62	14,89	17,81	56,74 – 111,33
Porast B				
Ool	141,39	83,06	58,78	21,54 – 286,89
Oof	152,29	55,05	36,15	77,17 – 278,06
Ooh	113,93	55,22	48,47	41,90 – 257,45
A	89,77	37,67	41,96	45,17 – 265,43
Voľná plocha				
Om	117,41	53,11	45,13	12,35 – 208,50
A	82,34	21,82	26,50	42,98 – 127,54

Vysvetlivky: s_x - smerodajná odchýlka, V_x - variačný koeficient, min. – minimálna hodnota, max. – maximálna hodnota

V tab.3 uvádzame výsledky analýzy variancie pre oba smrekové porasty (plocha A a B) a pre všetky horizonty. Na základe uvedených údajov môžeme konštatovať, že na plochách existujú významné rozdiely (na hranici významnosti $\alpha < 0,001$) v pôdnej respirácii a aj vlhkosti pôdy medzi jednotlivými horizontami a taktiež medzi jednotlivými termínmi odberu vzoriek. Podobne existujú rozdiely v pôdnej respirácii (na hranici významnosti $0,001 < \alpha < 0,01$) medzi oboma smrekovými porastami. Interakcie naznačujú rozdiely vo výdaji CO_2 pôdnymi mikroorganizmami v jednotlivých horizontoch medzi porastami. Vlhkosť pôdy sa tiež signifikantne odlišovala medzi jednotlivými termínmi odberu vzoriek a v jednotlivých horizontoch, pričom ale neukázali sa významné rozdiely medzi plochami A a B. Avšak v jednotlivých termínoch sú významné rozdiely vo vlhkosti pôdy ako medzi plochami, tak aj medzi jednotlivými horizontami.

V tab.4 uvádzame výsledky analýzy variancie pre všetky plochy (oba porasty a voľnú plochu) a pre A-horizont. Opäť, obe zisťované charakteristiky (najmä pôdna respirácia) sa významne odlišovali v jednotlivých termínoch merania počas vegetačného obdobia a v rámci jednotlivých termínov aj medzi plochami.

Tab. 3 Analýza variancie pôdnej respirácie pre plochy A a B a pre všetky horizonty

	Stupne voľnosti	Stredný rozptyl	F-test	Stredný rozptyl	F-test
		Bazálna respirácia		Vlhkosť pôdy	
Plocha	1	9,417	9,55**	3627,18	2,70
Horizont	3	203,078	206,04***	51249,18	38,11***
Plocha × horizont	3	4,263	4,33**	499,75	0,37
Dátum	9	8,580	8,71***	14971,23	11,13***
Plocha × dátum	9	0,980	0,99	2948,26	2,19*
Horizont × dátum	27	2,345	2,38	9505,96	7,07***
Plocha × horizont × dátum	27	0,776	0,79	1030,84	0,77
Error	160	0,986		1344,79	

Vysvetlivky: *** $\alpha < 0,001$ ** $0,001 < \alpha < 0,01$ * $0,01 < \alpha < 0,05$

Tab. 4 Analýza variancie pôdnej respirácie pre A-horizont

	Stupne voľnosti	Stredný rozptyl	F-test	Stredný rozptyl	F-test
		Bazálna respirácia		Vlhkosť pôdy	
Plocha	2	0,012	1,70	473,23	0,96
Dátum	9	0,070	9,79***	1270,09	2,57*
Plocha × dátum	18	0,013	1,83*	1127,53	2,28**
Error	60	0,007		494,24	

Vysvetlivky: *** $\alpha < 0,001$ ** $0,001 < \alpha < 0,01$ * $0,01 < \alpha < 0,05$

Zisťovali sme tiež závislosť pôdnej respirácie od vlhkosti pôdy v jednotlivých horizontoch (tab.5). Avšak okrem Ooh horizontu (korelačný koeficient $R=0,494$) sme nezaznamenali žiadnu závislosť pôdnej respirácie od vlhkosti pôdy. Vlhkosť pôdy zrejme nemá, alebo má len malý vplyv na mikrobiálnu aktivitu pôdy v určitom vlhkosťnom (optimálnom) intervale, ale už mimo tohoto rozpätia pri nízkej vlhkosti, resp. naopak pri nadbytočnej je významným faktorom určujúcim mikrobiálnu aktivitu pôdy (Borken et al., 2003). Aj v našom prípade sa ukázalo, že respirácia nekoreluje s vlhkosťou pôdy, ale po dlhšie trvajúcom období sucha v júli (obr.1-5) došlo k výraznému zníženiu mikrobiálnej aktivity pôdy a následne po intenzívnejších zrážkach k jej nárastu.

Tab.5 Spearmanov korelačný koeficient medzi pôdnou respiráciou a vlhkosťou pôdy pre jednotlivé horizonty pokrývkového humusu a A-horizont

Horizont	R
Ool	0,046
Oof	0,273
Ooh	0,494***
A	0,001

Záver

Na sledovaných plochách sa pôdna respirácia vyznačovala značnou variabilitou v priebehu vegetačného obdobia, pričom hodnoty pôdnej respirácie boli viac rozkolísané ako hodnoty pôdnej vlhkosti. Z výsledkov vyplýva, že v oblastiach s dostatočným množstvom zrážok, ako je to aj v oblasti Poľany, kde vlhkosť pôdy sa počas vegetačného obdobia väčšinou vyskytuje v určitom pre mikroorganizmy optimálnom rozpätí, nepozorovať závislosť výdaja CO₂ mikroorganizmami od pôdnej vlhkosti, avšak pôdna vlhkosť mimo tohto rozpätia sa výrazne odráža aj na mikrobiálnej aktivite pôd.

Literatúra

- Borken W., Davidson E.A., Savage K., Gaudinski J., Trumbore S.E., 2003:** Drying and wetting effects on carbon dioxide release from organic horizons. *Soil Science Society of America Journal*, 67(6):1888-1896
- Alef K., 1991:** Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. Aktivitäten, Biomasse, Differenzierung. Ecomed, Landesberg, 284s.
- Berg M.P., Kniese J.P., Verhoef H.A., 1998:** Dynamics and stratification of bacteria and fungi in the organic layers of a scots pine forest soil. *Biology and Fertility of Soils*, 26:313-322
- Buchmann N., 2000:** Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stands. *Soil Biology and Biochemistry*, 32:1625-1635
- Gömörýová E., 2004:** Small-scale variation of microbial activities in a forest soil under a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. *Polish Journal of Ecology*, 52:311-321
- Kauri T., 1982:** Seasonal fluctuations in numbers of aerobic bacteria and their spores in four horizons of a Beech forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 14:185-190
- Mäder P., Nowack K., Alföldi T., 1993:** Literaturstudie zur Wahl der Methode für die Schätzung der mikrobiellen Biomasse, der Bodenatmung und des Zelluloseabbaus. Ausgeführt im Auftrag der Arbeitsgruppe Bodenbiologie der Bodenschutzfachsteller der Kantone Aargau, Bern und Solothurn, Oberwill, 147 pp.
- Scott-Denton L.E., Sparks K.L., Monson R.K., 2003:** Spatial and temporal controls of soil respiration rate in a high-elevation, subalpine forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 525-534
- Söderström B., 1979:** Seasonal fluctuations of active fungal biomass in horizons of a podzolized pine-forest soil in central Sweden. *Soil Biology and Biochemistry*, 11:149-154
- Vanhala P., 2002:** Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 34:1375-1379

Pod'akovanie:

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA 1/2357/05, 1/0635/03 a 1/2383/05.