

Vplyv veternej kalamity a lesného požiaru na niektoré pôdne vlastnosti

E. GÖMÖRYOVÁ, K. STŘELCOVÁ, J. ŠKVARENINA, J. BEBEJ and D. GÖMÖRY

Technical University in Zvolen, Faculty of Forestry, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic,
(e-mail: gomory@vsld.tuzvo.sk)

Abstract In November 2004, forest stands in the Tatra National Park (TANAP) were affected by windthrow and in July 2005, subsequent wildfire broke out on about 220 ha of the affected area. On the basis of literature, we can assume that after windthrow and wildfires changes of some soil (physical, physico-chemical and biological) properties have occurred. Our objective is to evaluate the impact of windthrow and fire on soil microbial activity. Among a soil microbial characteristics soil respiration (basal and potential respiration), N-mineralization, catalase activity, soil microbial biomass and celulase activity were measured in soil samples, taken from the depth 0-10 cm along a transect on 4 plots (reference site - REF, fireplace - FIR, unlogged - NEX and logged sites - EXT) in October 2006. Soil microbial characteristics exhibited a high spatial variability, especially microbial biomass and N-mineralization. Statistically significant differences in soil microbial characteristics (especially basal soil respiration and catalase activity) between plots were found. The lowest microbial activity was found at the reference site. On the other hand, the highest microbial activity was revealed on the fireplace. This plot exhibited also a higher content of soil organic matter and soil moisture as the others. Soil microbial activity was similar on the logged and unlogged sites.

Key words: *windthrow, wildfire, spruce stands, soil properties, microbial activity*

Úvod

Vietor a požiar patria medzi tie prírodné škodlivé činitele, ktorých pôsobenie môže viesť k poškodeniu ako individuálneho stromu, skupín stromov, tak i k poškodeniu porastov na rozsiahlych plochách (kalamity). V dôsledku náhleho otvorenia (zaniknutia) korunového zápoja následkom kalamít dochádza k zmenám niektorých stanovištných faktorov. Menia sa najmä mikroklimatické podmienky - k pôdesadostávaviaczrážok, slnečného žiarenia, tepla, prebieha intenzívnejšia výmena vzduchu. Zmenené podmienky majú za následok aj zmenu vo vegetačnom kryte - jeho druhového zloženia a pokrývnosti.

V dôsledku veternej kalamity a taktiež aj požiaru dochádza k zmenám niektorých pôdnych vlastností. Mení sa mikrotopografia plochy, vznikajú vyvýšeniny a terénne depresie, v ktorých sa môže akumulovať organický materiál, voda a pod. Vývraty stromov následkom silného vetra vedú k zmenám v pôdotvornom procese (spomalenie prebiehajúceho procesu alebo naopak aj zintenzívnenie napr. procesu premeny organického materiálu), či k premiešaniu pôdnych horizontov (SCHAETZEL et al., 1989, PETERSON et al, 1990, ULANOVA, 2000). Kým na vetrom narušených plochách sa tieto zmeny vyskytujú mozaikovite, lesný požiar zasahuje plochu celoplošne a môže ovplyvniť rôzne fyzikálne, fyzikálno-chemické či biologické vlastnosti pôd (vodoodpudivosť, štruktúra pôdy, objemová hmotnosť, farba, pH pôdy, množstvo a kvalita organického materiálu, zásoby živín, biomasa a zloženie mikrobiálneho spoločenstva, a ďalšie) v závislosti od intenzity horenia a dĺžky trvania požiaru (CERTINI, 2005).

V novembri 2004 na území TANAPu silný vietor poškodil lesné porasty na ploche okolo 12 tis. ha. Následne v júli 2005 kalamitné plochy zasiahol požiar, pri ktorom zhorelo približne 220 ha kalamitnej plochy. Na základe štúdia dostupnej literatúry môžeme predpokladať, že na uvedených plochách v dôsledku zmenených mikroklimatických podmienok a prísunu organického materiálu na povrch pôdy môžeme očakávať aj zmeny niektorých pôdnych vlastností. Doteraz bol výskum zameraný vo väčšine prípadov na sledovanie zmien fyzikálnych a fyzikálno-chemických vlastností pôd, omnoho menej prác nájdeme v súvislosti so živou zložkou pôdy. V súvislosti s uvedenými udalosťami sme si kládli za cieľ zistiť, či na kalamitných plochách TANAPu došlo následkom zmenených podmienok po veternej kalamite a po požiaru aj k zmene niektorých pôdnych (najmä mikrobiálnych) vlastností oproti ploche, ktorá kalamitou zasiahnutá nebola a či existujú rozdiely v pôdnych vlastnostiach medzi plochami, na ktorých kalamitné zvyšky sú následne rôzne spracované.

Materiál a metódy

Výskum sme uskutočnili na štyroch lokalitách na území TANAPu:

Plocha č. 1 - (REF) - referenčná plocha (kontrolná plocha s nepoškodeným porastom)

Plocha č. 2 - (EXT) - kalamitná plocha - s odstránenými kalamitnými zvyškami

Plocha č. 3 - (FIR) - kalamitná plocha - po požiaru

Plocha č. 4 - (NEX) - kalamitná plocha - s neodstránenými kalamitnými zvyškami

Charakteristiky jednotlivých plôch, uvedené v tab. 1, sú prevzaté z práce FLEISCHER et al. (2007).

Odber sme vykonali v októbri 2006 na tranzektoch s dĺžkou 100 m, pričom odberné miesta boli od seba vzdialené 10 m. Vzorky sme odoberali z humusom obohateného minerálneho A-horizontu z hĺbky 0-10 cm, na každom mieste v 3 opakovaníach. V pôdnych vzorkách sme stanovili základné fyzikálne a fyzikálno-chemické vlastnosti pôdy a to momentálnu vlhkosť pôdy (Vm) gravimetricky po 24 hod. sušení pri 105°C, reakciu pôdy (pH/H₂O a pH/KCl) potenciometricky vo výluhu vody a v KCl, obsah organického uhlíka (Corg) titračne Ĺurinovou metódou.

Ĺalej sme stanovili vybrané mikrobiálne charakteristiky pôdy:

- bazálnu a potenciálnu respiráciu (BR, PR)
- titračne podľa ISEMEYERA (in ALEF 1991),

- mikrobiálnu biomasu (Cmik) – podľa ISLAM a WEIL (1998),
- N-mineralizáciu (Nmin) – podľa KANDELER (in ALEF 1991),
- aktivitu katalázy (Akat) – podľa CHAZIJEVA (1976),
- rozklad celulózy (Acel) – podľa GRUNDU (1967).

Variabilitu pôdnych charakteristík medzi plochami sme testovali jednofaktorovou analýzou variancie. Zároveň sme vykonali odhad percentuálnych podielov zložiek variancie medzi plochami a v rámci plôch. Rozdiely výberových priemerov medzi plochami boli následne testované Duncanovým testom.

Výsledky

V tab. 2 sú uvedené základné štatistické charakteristiky (priemer x, smerodajná odchýlka s_x, variačný koeficient V_x, minimálna - min a maximálna - max hodnota) pre všetky zisťované pôdne charakteristiky na jednotlivých plochách.

Tab. 1 Základné údaje o jednotlivých plochách (plocha REF- referenčná, EXT – kalamitná s odstránenými kalamitnými zvyškami, FIR – kalamitná po požiari, NEX – kalamitná s neodstránenými kalamitnými zvyškami)

Plocha	REF	EXT	FIR	NEX
Nadm. výška (m n.m.)	1100-1250	1040-1260	1000-1200	1050-1150
Expozícia	JV	J	JV	JV-J
Sklon (%)	10-20	10	5-10	5-10
Slt	LP	LP	LP	LP
Zastúpenie drevín	sm8, smc2	sm9, smc1	Sm7, smc3	Sm7,smc1, bo2
Vek porastu	120/25	80	80	125/60/25
Pôdny typ	Kambizem podzolová	Kambizem podzolová	Kambizem podzolová	Kambizem podzolová
Materský substrát	moréna	moréna	polygen. sute	moréna

Tab. 2 Základné štatistické charakteristiky vybraných pôdnych charakteristík na sledovaných plochách

plocha	pH/H ₂ O					pH/KCl				
	x	Sx	Vx	min	max	x	Sx	Vx	min	max
REF	4,07	0,32	7,99	3,60	4,54	3,35	0,33	9,99	2,73	3,82
EXT	4,26	0,19	4,43	3,98	4,57	3,47	0,15	4,31	3,18	3,66
FIR	4,25	0,24	5,68	3,97	4,67	3,38	0,27	8,10	3,02	3,78
NEX	4,34	0,26	5,93	4,04	4,72	3,61	0,29	8,13	3,29	4,14

Pokračovanie tab. 2

plocha	Vm (hmot. %)					Corg (%)				
	x	Sx	Vx	min	max	x	Sx	Vx	min	max
REF	22,23	5,88	26,45	9,70	31,61	3,04	2,03	66,79	0,30	6,20
EXT	40,60	6,83	16,82	23,28	45,19	4,82	1,34	27,76	2,70	6,60
FIR	44,93	12,74	28,36	29,31	72,69	5,75	1,43	24,86	3,70	7,80
NEX	42,36	11,03	26,03	22,55	57,40	4,47	2,02	45,27	2,00	7,30

Pokračovanie tab. 2

plocha	BR (µg C-CO ₂ .g ⁻¹ sušiny.h ⁻¹)					PR (µg C-CO ₂ .g ⁻¹ sušiny.h ⁻¹)				
	x	Sx	Vx	min	max	x	Sx	Vx	min	max
REF	0,06	0,03	44,00	0,03	0,11	0,29	0,11	37,13	0,15	0,53
EXT	0,08	0,03	41,90	0,04	0,16	0,40	0,20	49,33	0,02	0,72
FIR	0,15	0,05	34,84	0,07	0,22	0,56	0,20	36,54	0,28	0,99
NEX	0,11	0,04	34,72	0,08	0,18	0,34	0,06	17,46	0,27	0,42

Pokračovanie tab. 2

plocha	Cmik ($\mu\text{g C}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny)					Akat ($\text{mlO}_2\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny $\cdot\text{min}^{-1}$)				
	x	Sx	Vx	min	max	x	Sx	Vx	min	max
REF	78,39	42,64	54,40	36,33	164,03	0,97	0,25	25,52	0,49	1,26
EXT	80,32	75,14	93,55	8,32	202,55	1,01	0,23	23,27	0,67	1,48
FIR	46,45	19,84	42,70	12,57	86,02	1,50	0,28	18,71	0,92	1,92
NEX	42,44	11,67	27,50	17,84	57,61	0,89	0,24	26,43	0,41	1,15

Pokračovanie tab. 2

plocha	Nmin ($\mu\text{g N-NH}_4^+\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny $\cdot 7\text{d}$)					Acel (OD)				
	x	Sx	Vx	min	max	x	Sx	Vx	min	max
REF	4,79	1,18	24,60	3,22	6,68	173,09	4,11	2,37	164,40	178,27
EXT	1,94	1,06	54,53	0,61	3,68	174,16	7,91	4,54	159,83	186,73
FIR	5,26	3,36	63,93	1,44	13,63	177,30	9,36	5,28	167,63	194,47
NEX	5,61	2,82	50,21	2,85	11,81	172,63	10,55	6,11	159,33	193,67

Podľa nameraných pH hodnôt bola pôda na sledovaných plochách veľmi kyslá, pričom pH hodnoty boli v rámci tranzektov pomerne vyrovnané ($V_x = 4,43 - 9,99 \%$). Na referenčnej ploche bolo síce pH vo vodnom výluhu nižšie oproti ostatným plochám, ale vo všeobecnosti rozdiely medzi plochami neboli významné.

Na jednotlivých tranzektach však boli podstatne viac rozkolísané hodnoty organického uhlíka, pričom jeho najvyššiu variabilitu sme sa zaznamenali na referenčnej ploche ($V_x = 66,79 \%$). Výsledky analýzy variancie

poukazujú na významné rozdiely v obsahu organického uhlíka (humusu), pričom referenčná plocha sa s najnižším obsahom humusu významne líši od ostatných plôch.

Vysoko významné rozdiely (na hladine významnosti $\alpha < 0,001$) sa ukázali pri vlhkosti pôdy, pričom opäť hodnoty na referenčnej ploche sa významne líšili od hodnôt na ostatných plochách. Kým na kalamitných plochách sa vlhkosť pôdy pohybovala v priemere okolo 40 % hmotn., na referenčnej ploche hodnoty momentálnej vlhkosti pôdy dosahovali iba 50 % z hodnôt na ostatných plochách.

Tab. 3 Analýza variancie pôdnych charakteristík podľa sledovaných plôch

Zdroj variancie	Stupne voľnosti	Suma štvorcov	Stredný rozptyl	F-test
pH/H ₂ O				
medzi plochami	3	0,39	0,13	1,93
reziduál	35	2,33	0,07	
pH/KCl				
medzi plochami	3	0,39	0,13	1,93
reziduál	35	2,57	0,07	
Corg (%)				
medzi plochami	3	37,87	12,61	4,23*
reziduál	35	104,31	2,98	
Vm (hmot. %)				
medzi plochami	3	3192,97	1064,32	11,77***
reziduál	35	3164,74	90,42	
BR ($\mu\text{g C-CO}_2\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny $\cdot\text{h}^{-1}$)				
medzi plochami	3	0,04	0,01	9,30***
reziduál	35	0,05	0,00	
PR ($\mu\text{g C-CO}_2\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny $\cdot\text{h}^{-1}$)				
medzi plochami	3	0,41	0,14	5,59**
reziduál	35	0,85	0,02	
Cmik ($\mu\text{g C}\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny)				
medzi plochami	3	11895,79	3965,26	1,93
reziduál	35	71814,96	2051,86	
Akat ($\text{mlO}_2\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny $\cdot\text{min}^{-1}$)				
medzi plochami	3	2,26	0,75	11,94***
reziduál	35	2,21	0,06	
Nmin ($\mu\text{g N-NH}_4^+\cdot\text{g}^{-1}$ sušiny $\cdot 7\text{d}$)				
medzi plochami	3	82,51	27,50	5,13**
reziduál	35	187,78	5,37	
Acel (OD)				
medzi plochami	3	130,15	43,38	0,63
reziduál	35	2394,69	68,42	

Vysvetlivky:

hladina významnosti

$\alpha < 0,001$ ***

$0,001 < \alpha < 0,01$ **

$0,01 < \alpha < 0,05$ *

Z mikrobiálnych charakteristík sa štatisticky významne rozdiely na hladine $\alpha < 0,001$ ukázali pri bazálnej respirácii a aktivite katalázy, na hladine významnosti $0,001 < \alpha < 0,01$ pri potenciálnej respirácii a N-mineralizácii. Mikrobiálna biomasa a ani aktivita celulózy (rozklad prúžkov celulózy) sa významne medzi plochami neodlišovali.

Najvyššie priemerné hodnoty bazálnej aj potenciálnej respirácie boli zistené na ploche po požiari, naopak najnižšie hodnoty na referenčnej ploche, t. j. ploche s nepoškodeným porastom. Obe charakteristiky sa zároveň vyznačovali aj značnou variabilitou na sledovaných tranzektoch.

Úplne inú situáciu sme zaznamenali pri hodnotení mikrobiálnej biomasy. Spomedzi všetkých zisťovaných charakteristík sa práve táto ukázala ako charakteristika s veľmi vysokou variabilitou, keď variačný koeficient sa pohyboval v rozpätí 27,5 – 93,55 %. Najvyššie priemerné hodnoty sme namerali na ploche s odstránenými kalamitnými zvyškami a ploche referenčnej, na ostatných plochách boli hodnoty takmer o polovicu nižšie. Avšak vzhľadom na veľmi vysokú variabilitu hodnôt na tranzektoch sa tieto rozdiely ukázali ako štatisticky nevýznamné.

Z mikrobiálnych parametrov najmenej kolísali hodnoty pri aktivite katalázy ($V_x = 18,71 - 26,43$ %). Zároveň sa ukázali vysoko významné rozdiely medzi plochami, pričom najvyššie hodnoty sme zistili na ploche po požiari.

Pri N-mineralizácii boli opäť hodnoty na tranzektoch veľmi rozkolísané. Na všetkých plochách okrem plochy referenčnej dosahoval variačný koeficient vyše 50 %. Najnižšiu hodnotu výrazne sa líšiacu od ostatných sme zaznamenali na ploche s odstránenými kalamitnými zvyškami. Najvyššie hodnoty sa vyskytli opäť na ploche s neodstránenými zvyškami a ploche po požiari.

Rozklad celulózy (zisťovaný v laboratórnych podmienkach na Petriho miskách) prebiehal veľmi pomaly, počas 3-mesačného pozorovania síce došlo k obsadeniu celulózy pôdnymi mikroorganizmami (hubami), avšak ani pri jednej vzorke zo sledovaných plôch sme výraznejší rozklad nezaznamenali.

Diskusia

Cieľom našej práce bolo zistiť, či na kalamitných plochách TANAPu v dôsledku zmien mikroklimatických podmienok a prísunu organického materiálu došlo aj k zmenám niektorých pôdných vlastností, predovšetkým pomerov mikrobiálnych.

Pôdy na jednotlivých plochách sa neodlišovali v pôdnej reakcii, priemerné hodnoty boli na všetkých štyroch plochách veľmi podobné. Výsledky potvrdzujú, že plochy mali rovnakú východziu pozíciu. V literatúre sa uvádza, že po požiari môže dôjsť k zvýšeniu pH hodnôt pôdy (CERTINI, 2005), nakoľko po spálení organického materiálu na povrchu pôdy sa môžu uvoľniť bázické prvky, ktoré znížia pôdnu kyslosť. Obsah bázických prvkov však v značnej miere závisí od kvality organického materiálu, opad z listnatých stromov je na bázické prvky bohatší ako z ihličnatých stromov. Keďže na našich plochách dominoval kyslý opad so smreka a smrekovca, zvýšenie pH hodnôt na ploche po požiari sme neočakávali, čo sa potvrdilo aj analýzami.

Najvyšší obsah organického uhlíka sme namerali na ploche po požiari, najnižší na ploche referenčnej, pričom zároveň táto plocha sa obsahom organického uhlíka významne líšila od ostatných troch plôch. Vyšší obsah organického uhlíka by na uvedených troch plochách mohol súvisieť s vyšším prísunom organickej hmoty na povrch pôdy, keďže ale nebola urobená kvalitatívna analýza pôdnej organickej hmoty, nie je možné konštatovať, či ide len o „zapracovanie“ organického materiálu do pôdy, alebo či došlo aj k jeho kvalitatívnej premene. Zvýšenie obsahu organického uhlíka v A-horizonte pôd býva častým znakom zmien na plochách po požiari (JOHNSON a CURTIS, 2001).

Nižšia vlhkosť pôdy na referenčnej ploche súvisí pravdepodobne s tým, že na povrch pôdy sa v dôsledku vysokej intercepcie ihličnatých stromov dostáva menej vody zo zrážok, na druhej strane, oproti ostatným plochám je tu aj značný odber vody koreňmi rastlín (desukcia).

Tab. 4 Duncanove testy rozdielov výberových priemerov pôdných charakteristík medzi plochami (plochy s rovnakými písmenami za číselným údajom sa neodlišujú významne v danej charakteristike)

plocha	PH/H ₂ O	PH/KCl	Corg	V _m	BR
REF	4,07 B	3,35 A	3,04 B	22,23 B	0,06 C
EXT	4,26 A	3,47 A	4,82 A	40,60 A	0,09 B C
FIR	4,25 A	3,38 A	5,75 A	44,93 A	0,15 A
NEX	4,34 A	3,61 A	4,47 A	42,36 A	0,11 A B

plocha	PR	C _{mik}	A _{kat}	N _{min}	A _{cel}
REF	0,29 B	78,39 A	0,97 B	4,80 A	173,09 A
EXT	0,40 B	80,32 A	1,00 B	1,94 B	174,16 A
FIR	0,56 A	46,45 A	1,50 A	5,26 A	177,31 A
NEX	0,34 B	42,44 A	0,89 B	5,61 A	172,63 A

Vo všeobecnosti sa mikrobiálne charakteristiky vyznačovali značnou priestorovou variabilitou, z nich najmä mikrobiálna biomasa a N-mineralizácia, pri ktorých variačný koeficient dosahoval v priemere 50 %. Avšak z literatúry sú známe údaje i podstatne vyššie (MÄDER et al., 1993). Takmer o polovicu nižší variačný koeficient sme zaznamenali pri aktivite katalázy. Tento fakt sme nepozorovali len na našich sledovaných plochách, ale aj v iných štúdiách (GÖMÖRYOVÁ, 2004). Vo viacerých prácach sa uvádza, že enzýmy sú relatívne stabilné v pôde tým, že sa viažu na pôdne koloidy a nepodliehajú takej výraznej časovej dynamike ako ostatné mikrobiálne charakteristiky.

Veterná kalamita neovplyvňuje mikrobiálnu biomasu či aktivitu mikroorganizmov priamo, ale ovplyvňuje podmienky prostredia, v ktorom sa mikroorganizmy vyskytujú (vlhkosť pôdy, teplota, prísun živín, a pod). Naopak, požiar môže priamo vysokou teplotou znížiť veľkosť mikrobiálnej biomasy, jeho priamy vplyv však závisí od intenzity a dĺžky trvania požiaru a tiež od typu požiaru (pozemný – podzemný). Predpokladali sme, že na sledovaných plochách sa zmenené mikroklimatické podmienky odrazia aj na veľkosti mikrobiálnej biomasy, avšak naše predpoklady sa nepotvrdili. Vyššie hodnoty mikrobiálnej biomasy na referenčnej ploche a ploche s odstránenými kalamitnými zvyškami by sme mohli vysvetliť vyššou intenzitou prekorenenia vrchných vrstiev pôdy na týchto plochách a v súvislosti s tým aj vyšším počtom mikroorganizmov v blízkosti koreňov. Pôdy na kalamitných plochách sa vo všeobecnosti vyznačovali vyššou mikrobiálnou aktivitou ako pôda na referenčnej ploche. Obzvlášť na ploche po požari sme zaznamenali vysoké hodnoty pôdnej respirácie a tiež aktivity katalázy. WRIGHT a COLEMAN (2000) uvádzajú, že respirácia pôdy úzko súvisí s teplotou a vlhkosťou pôdy a že na plochách, kde došlo k „otvoreniu“ plochy vyššia pôdna respirácia súvisí s vyššou teplotou povrchu pôdy a extrémnejšími cyklami v pôdnej vlhkosti (sucho – mokro). Zároveň pôdna respirácia závisí aj od prítomnosti a dostupnosti organického materiálu. Najvyššie hodnoty pôdnej respirácie na ploche po požari môžu teda aj v našom prípade súvisieť so zmenenými mikroklimatickými podmienkami a v dôsledku toho s vyšším prehrievaním pôdy v porovnaní s pôdou pod porastom, s vyššou vlhkosťou pôdy a vyšším obsahom organickej hmoty. Podobne aj vysoké hodnota aktivity katalázy môže súvisieť s týmito faktormi, podobne ako to uvádza napr. BECK (1971).

Naopak, nízku aktivitu mikroorganizmov na referenčnej ploche si môžeme vysvetliť podstatne nižšou vlhkosťou pôdy oproti ostatným plochám, nižším obsahom organického materiálu a pravdepodobne aj nižšími teplotami vzduchu či pôdy pod porastom.

Záver

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že požiar sa ukázal z hľadiska životných podmienok mikroorganizmov ako pozitívny jav, pretože najvyššiu

mikrobiálnu aktivitu sme zistili práve na ploche po požari. Samotný požiar nezasiahol humusom obohatený A-horizont, ale len pokrývkový humus, ktorý bol požiarom značne redukovaný. Odstránenie tejto hrubej vrstvy znamenalo podstatnú zmenu ich životných podmienok. Najnižšiu mikrobiálnu aktivitu sme naopak pozorovali v poraste, neovplyvnenom ani veternou kalamitou ani požiarom. Pôda v tomto poraste sa vyznačovala rozdielnou vlhkosťou aj obsahom humusu, čo sa následne prejavilo aj v mikrobiálnej aktivite. Prekvapujúci je fakt, že sledované pôdne charakteristiky sa vo všeobecnosti na ploche s odstránenými a neodstránenými kalamitnými zvyškami významne od seba neodlišovali.

Podakovanie

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantových úloh VEGA 1/2357/05, 1/2382/05 a APVV-0468-06

Literatúra

- [1] ALEF, K., 1991. Methodenhandbuch Bodenmikrobiologie. Aktivitäten, Biomasse, Differenzierung. Ecomed, Landesberg, 284 pp.
- [2] BECK, T. 1971: Die Messung der Katalaseaktivität von Böden. Zeitschrift. f. Pflanzenern. und Bodenkunde, 130:68-81
- [3] CERTINI, G., 2005: Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143:1-10.
- [4] FLEISCHER, P., GIORGI, S., MIGLIETA F., SCHULZE D., VALENTINI R., 2007: Large scale forest destruction by November 2004 windstorm in the Tatra Mts – reasons, consequences and ecological research. *BioClimatology and Natural Hazards*, Poľana, 17.-20.9.2007 (v tlači)
- [5] GÖMÖRYOVÁ, 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.
- [6] CHAZIJEV, F., CH., 1976: Fermentativnaja aktivnost' počv. *Metodičeskoje Posobje*, Moskva, 262 pp.
- [7] JOHNSON, D.W., CURTIS, P.S., 2001: Effects of forest management on soil C and N storage: meta analysis. *For. Ecol. Managem.*, 140:227-238.
- [8] MÄDER, P., NOWACK, K., ALFÖDI, 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.
- [9] PETERSON, C.J., CARSON, W.P., MCCARTHY, B.C., PICKETT, S.T.A., 1990: Microsite variation and soil dynamics within newly created treefall pits and mounds. *Oikos* 58(1): 39-46.
- [10] SCHAETZEL R.J., JOHNSON, D.L., BURNS, S.F., SMALL, T.W., 1989: Tree uprooting: review of terminology, process,

and environmental implications. Can. J. For. Res. 19:1-11.

[11] ULANOVA, N.G., 2000: The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. For. Ecol. Managem., 135:155-167.

[12] WRIGHT, C.J., COLEMAN, D.C., 2002: Responses of soil microbial biomass, nematode trophic groups, N-mineralization and litter decomposition to disturbance events in the southern Appalachians. Soil Biology and Biochemistry, 34(1):13-25