

A talaj enzimaktivitása néhány erdei ökoszisztémában

PÁNTOS-DERIMOVA TATJANA

Erdészeti és Faipari Egyetem, Termőhelyismerettani Tanszék, Sopron

Számos szerző véleménye szerint a talajenzimek aktivitása a biológiai folyamatok intenzitását jól jellemzi [4], ezért ez a talaj termékenysége egyik mutatójának tekinthető [8]. A mikroorganizmusok aktívabb enzimeket választanak ki, mint a magasabbrendű növények [9]. Minden talajtípus a genézisétől, fizikai és kémiai tulajdonságaitól, az ökológiai feltételektől függően, a benne élő mikroorganizmusok mennyisége, valamint faji összetétele, továbbá a biológiai folyamatok aktivitása tekintetében bizonyos mértékű eltérést mutat [2, 15, 18].

Kísérleti anyag és módszer

Vizsgálatainkat a következő ökoszisztémákban végeztük:

1. Bükkös klímájú, szivárgó víz hatása alatt álló, mély termőrétegű, vályogos szövetű, savanyú nem podzolos barna erdőtalajra telepített, 116 éves ültetvényszerű (kultúr) vörösfenyőelegyes lucos (*Piceetum excelsae cultum*) erdő. 90%-os záródású faállomány (törzsszám 348 darab, törzsszám szerinti elegyarány: LF 75%, VF 25%; átlagos magasság 30,91 m; átlagos mellmagassági átmérő 41,84 cm; fatömeg 807 m³) Asztalfőn.

2. Kocsánytalan, ill. cseres-tölgyes klímájú, többletvízhatástól független, sekély termőrétegű, vályogos szövetű, rendzina talajon levő, sarjeredetű 77 éves molyhos-kocsánytalan tölgyes-cseres (*Orno-Quercetum pubescenti-cerris*) erdő. 80%-os záródású faállomány (törzsszám 372 darab, törzsszám szerinti elegyarány: CS 75%, KTT 15%, MOT 10%; átlagos magasság 14,48 m; átlagos mellmagassági átmérő 24,73 cm; fatömeg 213 m³) Szárhalomban.

3. Bükkös klímájú, többletvízhatástól független, mély termőrétegű, vályogos szövetű, agyagbemosódásos barna erdőtalajon álló, 104 éves természetserű bükkös (*Laureolae-Fagetum*) erdő. Gyéritett, 90%-os záródású elegyetlen faállomány (törzsszám 239 darab; átlagos magasság 32,9 m; átlagos mellmagassági átmérő 44,5 cm; fatömeg 719 m³) Farkasgyepűn.

A vizsgált ökoszisztémák avartakarójának átalakulását, valamint talajának tápanyagforgalmát és energiaáramlását 1975 és 1980 között tanulmányoztuk.

A kísérleti objektumok évi, és a vegetációs időre vonatkozó csapadékösszegét, valamint középhőmérsékletét a Központi Meteorológiai Intézet Éghajlati Tájékoztató

Osztályának, továbbá az Asztalfőn MARTOS A. által létesített meteorológiai állomásnak a mérései alapján az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Az ötéves adatokat összehasonlítva megállapítható, hogy mind a három kísérleti területen az évi csapadékösszeg legnagyobb az 1979-es évben volt. Sorrendben ezután az 1980-as év következett. A tenyészidőszak csapadékösszegére vonatkozólag — a

1. táblázat

A kísérleti helyek évi és vegetációs időre vonatkozó csapadékösszege, valamint középhőmérséklete (1976—1980)

(1) Kísérleti helyek	1976	1977	1978	1979	1980	1976	1977	1978	1979	1980
	<i>a) Évi csapadékösszeg, mm</i>					<i>b) Tenyészidőszak csapadékösszege, mm</i>				
1. Asztalfő	692	661	567	803	750	353	393	387	456	406
2. Szárhalom	638	483	437	804	639	384	284	325	529	388
3. Farkasgyepű	629	664	571	785	770	307	321	412	382	439
	<i>c) Évi középhőmérséklet, °C</i>					<i>d) Tenyészidőszak középhőmérséklete, °C</i>				
1. Asztalfő	8,8	9,48	8,2	9,0	8,0	15,2	14,6	14,1	14,9	13,8
2. Szárhalom	9,6	10,1	9,0	9,6	8,7	15,8	15,5	15,0	15,7	14,8
3. Farkasgyepű	8,3	9,1	8,2	8,9	7,9	14,3	14,4	14,2	14,8	13,9

farkasgyepűi objektumnál mutatkozó kismérvű eltéréstől eltekintve — hasonló változás figyelhető meg. Ezt azért tartjuk szükségesnek megjegyezni, mert az enzimaktivitási vizsgálatokhoz, továbbá az összes és könnyen oldható tápelemek, valamint a CO₂-termelés, öszmikrobaszám, talajnedvesség meghatározásához az avar- és talajmintákat 1980. április 8-án ill. 9-én vettük.

Az időpontok megválasztásánál azt vettük figyelembe, hogy a lombos faállományok elhalt maradványai akkorra már teljes egészében lehullottak és a vegetációs időt követő téli periódusban az átalakulásuk is csak jelentéktelen mértékben indulhatott meg. A fenyők elhalt tűlevelei egész évben hullanak ugyan, azonban hozzávetőleg kétharmad részük augusztus és október között kerül a talajra. Így az 1980 tavaszán vett avarminták mind a szárazanyag-mennyiségüket, mind a tápanyagtartalmukat tekintve az 1979. évi tenyészidőszak termőhelyi adottságait tükrözik vissza.

Meghatározásaink során az avartakarót nem választottuk szét egyes komponenseire. Vizsgálatainknál a talaj felszínére került elpusztult növényi és állati maradványok összességét, továbbá a helyben képződött anyagcseretermékeket, valamint az oda jutó ürülékeket tekintettük avarnak. Ennek mintavételét korábban [14] már ismertettük.

Az enzimaktivitási vizsgálatok a következőkre terjedtek ki:

Kataláz — Kataláz hatására a hidrogén-peroxid felbomlik. A felszabaduló O₂-t gazometrikusan határoztuk meg [3].

Dehidrogenáz — A vizsgálatokhoz hidrogénakceptorként szintelen 2,3,5-trifenil-tetrazólium-kloridot (TTCl) használtunk fel. Ez dehidrogenáz jelenlétében, anaerob körülmények között vörös színű trifenil-formazánná (TFF) redukálódik, mennyiségét kolorimetrikusan állapítottuk meg [3].

Invertáz — Aktivitásának mérése a szaharóz széthasadása útján felszabaduló redukáló cukroknak a 3,5-dinitro-szalicilsavval történő reakcióján alapszik. Az utóbbi lúgos közegben, forralás közben, a redukáló cukrok hatására sárga-narancs színű 3-amino-5-nitro-szalicilsavvá redukálódik. A szín intenzitását, mely az invertázaktivitástól függően változik, kolorimetrikusan határoztuk meg [19].

Foszfátáz — A foszfátáz aktivitását a szubsztrátumból lehasadó P_2O_5 mennyiségének meghatározásával kolorimetrikusan állapítottuk meg [3].

Ureáz — Az ureáz hatására a karbamid CO_2 -dá és NH_3 -vá hidrolizálódik. Utóbbi mennyiségét kolorimetrikusan állapítottuk meg [3].

Proteáz — Az aktivitás mérése a talajba vitt fehérjéből hidrolizissal képződött aminosavak mennyiségi meghatározásán alapszik. A szabad aminosavak vízfürdőn melegítve ninhidrinnel kék színűre festődnek. A színintenzitást kolorimetrikusan mértük. Az aminosavak mennyiségét glicinre számítottuk át p.a. glicinnel készített nomogram alapján [4].

A talaj CO_2 -termelését laboratóriumi körülmények között, LHM-8MD gázkromatográffal állapítottuk meg [7].

A talaj összbaktériumszámának közvetlen meghatározását ML-4 lumineszcenz mikroszkóp alatt végeztük el [21].

Az eredmények értékelése

Kutatómunkánk bevezető részét a kísérleti objektumok részletes termőhely-feltárása képezte.

1. Színtalfő — A terület a júliusi 14 órai légnedvesség átlaga — 60% — alapján a *bükkös klímába* tartozik [5]. Magas páratartalmánál és 600—800 mm-nél nagyobb évi átlagos csapadékösszegénél fogva lombos fafajaink többsége és fenyveseink számára a legkedvezőbb klíma.

A terület talajképző kőzetére jellemző az általában 2 m-nél nem mélyebben elhelyezkedő vékony szürke agyagréteg. Ez különösen hóolvadás után, kora tavasszal, a feltáróút melletti rézsű oldalán, az agyagréteg felett kibuggyanó vízfolyás mentén követhető nyomon. Ebből adódóan a termőhely hidrológiai sajátágaiban a *szivárgó víz hatása* [5] érvényesül. Ez az oxigénben gazdag, az évi csapadékon felüli többletvíz — amennyiben a fás növények gyökerei számára hozzáférhető — az állomány növekedésére kedvezően hat.

A savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj vázrészt igen nagy mennyiségben, egyes rétegekben 48%-(63—90 cm), ill. 57%-ban (90—100 cm) tartalmaz. A talaj fizikai jellege rétegenként a homokos vályog, vályog és agyag között változik. Genetikai szintek nem különíthetők el. A szelvény végig savanyú. Az egyes szintek között a dinamikából származó pH-értékbeli különbség nem állapítható meg.

A₀₀-szint: 2—3 cm vastagságú, sárgásbarna színű, túlnyomórészt túleveleket tartalmazó, gyakorlatilag bomlatlan nyershumusz.

A₀-szint: 1—2 cm vastagságú, nagymértékben átalakult, feketésbarna színű, erősen savanyú (pH 4,3), ásványi részt csak kis mennyiségben tartalmazó, módertípusú szerves anyag.

A-szint: Vastagsága 0—25 cm. Humusztartalma 2,64%. Színe sötétbarna. Szerkezete morzsás. Telítettsége 40 V%. Gyökérzettel egyenletesen átszótt. Átmenete a B-szintbe éles.

B-szint: Vastagsága 25—90 cm. Humuszt csak a 25—63 cm-es rétegek (1,22—0,69%) tartalmaznak. Sárgászörös színű, kevésbé kialakult morzsás szerkezetű. Telítettsége 34—30 V% között változik. Gyökérzettel közepesen behálózott. Átmenete a C-szintbe elmosódott, morfológiailag alig felismerhető.

C-szint: Miocén korú savanyú üledék. Erre legjellemzőbb a barna agyag, amely változó mennyiségben tartalmaz durva, alig görgetett folyami kavicsot, továbbá leukofillit- és gnejsztörmelékét, esetenként kvarc- vagy kvarcittömböket. A terület talajképző kőzetében 110—200 cm mélységben 10—20 cm vastag rétegben szürke agyag rakódott le. A telítettség 33—41 V% között változik. Gyökérzetet alig tartalmaz.

A laboratóriumi vizsgálati eredményeket a 2. és 3. táblázatban foglaltuk össze.

Az adatokból megállapítható, hogy a talaj termőrétegének vastagsága az A- + B-szint együttes mélységét és a klímát figyelembe véve mély, fizikai talajfélelése pedig a leiszapolható rész %-ban kifejezett értéke alapján vályog [5].

2. táblázat

A három kísérleti hely talajának alapvizsgálati adatai

(1) Talajtípus, szár- mazási hely, szint jele és mintavétel mélysége, cm	pH		(2) y ₁ és y ₂ ill. CaCO ₃ , %		(3) hy, %	(4) 5 órás kapilláris vizeme- lés, mm	(5) K _A	(6)	(7)	T—S	(8) V, %
	H ₂ O	KCl	mgeé/100 g								

1. Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj (Asztalfő)

		y ₁		y ₂								
A	0— 25	4,6	3,6	96,2	34,6	1,5	245	34	14,0	5,6	8,4	40,1
B	25— 40	4,4	3,7	78,2	38,6	1,2	276	32	12,4	4,2	8,2	33,8
	40— 63	4,5	3,6	74,8	37,9	1,1	290	32	11,1	3,2	7,9	28,7
	63— 90	4,6	3,6	58,8	28,0	1,5	245	36	12,3	3,7	8,6	29,9
C	90—100	4,8	3,5	53,8	18,0	1,7	260	36	13,2	4,4	8,8	33,5
	100—110	4,7	3,5	50,8	17,9	2,3	184	41	13,6	5,6	8,0	41,2
	110—120	4,6	3,2	71,2	34,2	5,1	76	54	19,3	6,5	12,8	33,4
	120—150	4,7	3,7	49,0	13,3	2,1	222	39	13,6	4,9	8,7	35,8

2. Rendzina talaj (Szárhalom)

		CaCO ₃ , %										
A	0— 5	7,6	7,3	17,3	7,9	156	72	44,2				
	5— 15	7,7	7,4	18,6	8,6	197	63	38,0				
	15— 30	7,9	7,5	25,3	3,9	260	50	30,0				
	30— 50	8,2	7,8	58,8	2,0	273	41	17,0				
C	50—100	8,5	8,0	63,1	1,1	340	35	10,0				

3. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Farkasgyepű)

		y ₁		y ₂								
A ₁	0— 16	4,9	3,9	78,7	15,2	2,1	230	50	31,4	14,9	16,5	47,5
A ₃	16— 28	4,8	3,9	61,7	22,2	2,2	224	42	25,5	12,6	12,9	49,4
B	28— 75	5,2	3,9	44,2	12,1	2,7	207	47	30,7	18,4	12,3	59,9
C	75—100	5,4	4,1	28,6	4,0	2,6	240	41	26,1	20,1	6,0	77,0

3. táblázat
A vizsgált talajok mechanikai összetétele, humusz-, összes nitrogén-, foszfor- és káliumtartalma

(1) Talajtípus, szár- mazási hely, szint jele és mintavétel mély- sége, cm	(2) Váz- rész, %	(3) Mechanikai összetétel, %					(4) Humusz	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		2–	0,2–	0,02–	<0,002					
		> 2	0,2	0,02	0,002					
mm átmérő						%				
1. Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj (Asztalfő)										
A ₀₀ avartakaró	egyévi növényi és állati maradvány					50,87 ⁺	1,30	0,19	0,81	
A ₀ avartakaró	bomlásban levő szerves anyag					30,66 ⁺	1,53	0,20	0,63	
A 0– 25	13,0	21,1	38,1	28,3	12,5	2,64	0,19	0,26		
B 25– 40	18,9	24,0	37,7	24,9	13,4	1,22	0,09	0,18		
40– 63	36,9	28,5	35,8	23,3	12,4	0,69	0,04	0,15		
63– 90	48,1	36,8	33,7	15,0	14,5	–	0,02	0,13		
C 90– 100	56,9	36,0	36,1	13,8	14,1	–	0,01	0,14		
100– 110	30,5	35,5	32,7	13,9	17,9	–	0,01	0,14		
110– 120	37,7	2,2	21,4	39,0	37,4	–	0,01	0,18		
120– 150	38,8	36,8	31,9	15,4	15,9	–	ny	0,17		
2. Rendzina talaj (Szárhalom)										
A ₀₀ avartakaró	egyévi növényi és állati maradvány					36,85 ⁺	1,16	0,11	0,80	
A ₀ avartakaró	bomlásban levő szerves anyag					26,25 ⁺	1,19	0,17	0,88	
A 0– 5	0,4	2,9	61,7	24,0	11,4	11,99	0,67	0,15		
5– 15	0,7	4,1	58,7	25,1	12,1	9,08	0,54	0,14		
15– 30	1,8	10,3	54,0	23,4	12,3	6,25	0,36	0,13		
30– 50	5,6	21,2	48,6	18,3	11,9	1,88	0,11	0,04		
C 50– 100	–	21,0	60,0	12,0	7,0	–	–	–		
3. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Farkasgyepű)										
A ₀₀ avartakaró	egyévi növényi és állati maradvány					45,12 ⁺	1,36	0,23	0,93	
A ₀ avartakaró	bomlásban levő szerves anyag					34,20 ⁺	1,58	0,19	0,55	
A ₁ 0– 16	0,1	1,2	51,7	24,1	23,0	2,94	0,19	0,15		
A ₂ 16– 28	0,1	–	51,7	25,8	22,5	1,16	0,11	0,12		
B 28– 75	–	0,2	41,6	25,6	32,6	0,62	0,04	0,06		
C 75– 103	–	0,3	52,4	24,4	22,9	–	ny	0,05		

⁺ az A₀₀- és A₀-szintekben humusz helyett a C%-ot tüntettük fel.

A mechanikai összetételt Atterberg szerint, a földes rész %-ában határoztuk meg.

Az ismertetett termőhelyen a lucfenyves célállománytól közepes növekedés várható, és vágáskora 80 évre tervezhető [1].

2. Szárhalom — A kísérleti objektum a *kocsánytalan*-, ill. *csertőlgyes* klímába sorolható. Ehhez tartoznak domb- és hegyvidékeink molyhos tölgyes karsztbokor erdei és kopárjai is.

A hidrológiai viszonyok alapján a területet a *többletvízhatástól független termőhelyekhez* soroltuk.

A *rendzina talaj* (altípus: fekete rendzina) vázrészt nagyobb mennyiségben (5,6%) csak az A-szint 30—50 cm-es rétegében tartalmaz. Az A-szint fizikai félesége 5—15 cm között vályog, a többi rétegben homokos vályog.

A talajszelvény végig gyengén lúgos, szénsavas meszet tartalmaz. Jellemző rá a humusz mennyiségének változása, amely az A-szintben felülről lefelé haladva fokozatosan csökken, továbbá a szénsavas mészfutásának görbéje, amely az előző fordítottjaként a C-szint felé közeledve növekszik, és a talajképző kőzetben állandósul. Telítettsége 100 V% körüli.

A₀₀-szint: 2 cm vastagságú, barna színű; bomlásnak indult növényi és állati részek. Ebben a lágyszárú aljnövényzet elhalt maradványai viszonylag nagy mennyiségben vannak képviselve. A humusztípus módér.

A₀-szint: 2—3 cm vastagságú, fekete színű, nagyrészt formális jellegét elvesztett, mull-típusú szerves anyag.

A-szint: Vastagsága 0—50 cm. Ebben morfológiailag több réteget különítettünk el. Humusztartalma 12 és 2% között változik. Színe a felső 15 cm-es rétegben fekete, lefelé haladva sötétbarna. Szerkezete morzsás. pH-értéke 7,6—8,2, szénsavas mésztartalma pedig 17—59% között ingadozik. Gyökérzettel dúsan behálózott. Ennek jelentős része a buja aljnövényzetből származik. Átmenete a C-szintbe éles.

C-szint: Homokos lajtamészke. Gyökérzetet csak elvétve tartalmaz.

A laboratóriumi vizsgálati eredményeket a 2. és 3. táblázatban közöljük.

Az adatok alapján a talaj termőrétegének (A-szintjének) vastagsága — a klímát is figyelembe véve — a sekély kategóriához tartozik, fizikai talajfélesége pedig vályog.

Ezen a termőhelyen a molyhos-kocsánytalan tölgyes-cseres faállománytól gyenge növekedés várható. Hasonló adottságok esetén a feketefenyő 60 éves vágáskorra közepes növekedéssel tervezhető.

3. *Farkasgyepű* — A terület a *bükkös klímába* tartozik.

A hidrológiai viszonyok alapján a vizsgálati objektum a *többletvízhatástól független termőhelyekhez* sorolható.

Az *agyagbemosódásos* (altípus: típusos) *barna erdőtalaj* vázrészt csak egészen jelentéktelen mennyiségben tartalmaz. A szelvény végig vályogos szövetű és savanyú kémhatású. Szénsavas mészfutás mélységig (103 cm) nem volt kimutatható.

A₀₀-szint: 1—2 cm vastagságú, barna színű, bomlásnak indult növényi és állati részek. A humusztípus módér.

A₀-szint: 2 cm vastagságú, sötétbarna színű, bomlásban levő és formális jellegét elvesztett szerves anyag.

A₁-szint: Vastagsága 0—16 cm. Humusztartalma 2,9%. Színe sötétbarna. Szerkezete morzsás. pH:4,9. Hajszálgököket is nagy mennyiségben tartalmazó gyökérzettel egyenletesen behálózott. A humuszos szint élesen különül el a kilúgzási szint A₃-mal jelölt ásványi részétől.

A₃-szint: Vastagsága 16—28 cm. Humusztartalma 1,2%. Színe barnásszürke. Szerkezete lemezses. pH: 4,8. Telítettsége 49 V%. Gyökérzettel közepesen átszőtt. Átmenete a B-szintbe határozott.

B-szint: Vastagsága 28—75 cm. Színe vörösesbarna. Szerkezete poliéderez. A szerkezeti elemek viaszfényű agyaghártyával bevontak. A B- és az A-szint texturdifferenciálódási hányadosa 1,45. pH: 5,2. Telítettsége 60 V%. Gyökérzettel közepesen behálózott. Átmenete a C-szintbe fokozatos.

C-szint: Sárga színű eolikus lösz, amelyben néhol vaskiválások figyelhetők meg. pH: 5,4. Telítettsége 77 V%. Kevés gyökérzetet tartalmaz.

A laboratóriumi vizsgálati eredményeket a 2. és 3. táblázat tartalmazza.

A talaj termőrétegének vastagsága *mély* és a fizikai talajfélesége *vályog*.

Ezen a termőhelyen a bükkös célállománytól jó növekedés várható és a vágáskora 120 évre tervezhető.

A tanulmányozott ökoszisztémák avartakarójának és talajának tápanyag-ellátottsága

Ezt azért tartottuk szükségesnek vizsgálni, mert a termőhely más jellemző tulajdonságaival együtt összefügg az enzimaktivitással. A N-ellátottság megítéléséhez az erdészeti szempontokat figyelembe véve kialakított talajcsoportok humusztartalmának határértékeit használjuk fel. A talaj könnyen oldható P_2O_5 - és K_2O -mennyiségének értékelését ugyanilyen alapon ismertetjük [13].

A humusztartalmú rétegek N-ellátottságát az OMMI által, az üzemi talajtérképezés céljából kidolgozott összes N-tartalom szerinti osztályozást felhasználva határoztuk meg [12].

Az 1980 tavaszán vett mintákból meghatározott összes N, valamint a királyvízben oldható P és K, továbbá a könnyen oldható tápelemek mennyiségének adatait a 4. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból megállapítható, hogy az N, P és K összmenyisége az avartakaróban nagyobb — a N és K esetében többszörösen — mint az alatta levő talajszintekben. Viszont ennek könnyen oldható tápelemtartalma kicsi, az összes N, P és K mennyiségének még a fél százalékát sem éri el. Ez azt igazolja, hogy az avartakaró mineralizációja révén felszabaduló tápelemeknek a talaj alsóbb rétegeibe történő vándorlása gyorsan megindul.

N-ből a *savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj* A-szintje igen jól, és a B-szint 25—40 cm-es rétege közepesen ellátott. Mélyebben a talaj N-ben igen szegény. A szelvény 110—120 cm-ig terjedő rétege — korábban erre már utaltunk — szürke agyag, ami talajoldat lefelé tartó mozgását lelassítja. Így a C-szintben — különösen tavasszal — a visszaduzzasztás következtében pszeudoglejesedés, és a könnyen oldható tápelemek mennyiségének kismérvű növekedése figyelhető meg.

A talaj foszforellátottsága 0—40 cm-ig közepes, az ettől mélyebb rétegekben pedig gyenge. A káliumtartalom az A-szintben a jó, a B-szintben 25—40 cm-ig a közepes, 40—63 cm-ig az igen gyenge, ettől lefelé haladva pedig a gyenge kategóriához tartozik.

A tápanyag mennyiségének ezt a rétegenkénti változását elsősorban nem a talaj dinamikája okozza, hanem a hordalékanyag eltérő összetételéből adódik.

A *rendzina talaj* nitrogénből 0—30 cm-ig igen jól, 30—50 cm-ig gyengén, foszforból 0—5 cm-ig jól, 5—30 cm-ig közepesen, 30—50 cm-ig igen gyengén, káliumból 0—15 cm-ig közepesen, az ettől mélyebben fekvő rétegekben pedig gyengén ellátott.

Az *agyagbemosódásos barna erdőtalaj* nitrogénből az A_1 -szintben jól, az A_3 - és B-szintekben igen gyengén, foszforból az A_1 - és A_3 -szintekben közepesen, a B-szintben

4. táblázat

A kísérleti talajok összes és könnyen oldható nitrogén-, foszfor- és káliumtartalma (mg/100 g száraz anyag és az összes N-, P- és K-tartalom %-ában)

(1) Talajtípus, származási hely, szint jele és mintavétel mélysége, cm	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	(2) Összes	NH ₄ + NO ₃		(2) Összes	(3) AL-oldható		(2) Összes	(3) AL-oldható	
		mg	%		mg	%		mg	%

1. Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj (Asztalfő)

A ₀₀ + A ₀ avartakaró	1484,5	0,8	0,05	195,2	0,4	0,20	707,3	0,6	0,08
A 0–25	180,0	2,6	1,44	192,3	8,3	4,32	278,1	19,5	7,01
B 25–40	88,1	2,0	2,27	146,7	6,2	4,23	184,0	12,6	6,85
40–63	42,5	1,4	3,29	98,0	3,2	3,27	150,6	7,8	5,18
63–90	14,3	1,0	6,99	128,4	3,8	2,96	178,7	9,2	5,15
C 90–110	12,6	1,4	11,11	146,1	4,0	2,74	196,6	9,8	4,98
110–120	8,4	2,3	27,38	170,6	4,4	2,58	261,3	11,3	4,32

2. Rendzina talaj (Szárhalom)

A ₀₀ + A ₀ avartakaró	1178,9	1,2	0,10	159,7	0,5	0,31	857,1	0,7	0,08
A 0–5	668,2	4,9	0,73	150,0	14,5	9,67	260,1	36,7	14,11
5–15	544,6	4,2	0,77	146,4	10,3	7,04	250,7	26,1	10,41
15–30	360,9	3,4	0,94	137,3	9,3	6,77	210,9	19,2	9,10
C 30–50	114,7	2,2	1,92	40,3	2,2	5,46	145,0	12,2	8,41

a) tömör, homokos lajtamésző

3. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Farkasgyepű)

A ₀₀ + A ₀ avartakaró	1512,7	1,0	0,07	205,4	0,5	0,24	665,3	0,6	0,09
A ₁ 0–16	198,0	3,8	1,92	160,2	9,2	5,74	271,7	27,6	10,16
A ₃ 16–28	117,3	2,7	2,30	130,1	6,4	4,92	248,9	24,5	9,84
B 28–75	48,6	1,6	3,29	70,8	3,2	4,52	236,4	16,2	6,85
C 75–103	b) nyomokban			46,7	1,8	3,85	230,1	8,7	3,78

gyengén, káliumból az A₁- és A₃-szintekben jól, a B-szintben pedig közepesen ellátott. A C-szint N-t csak nyomokban tartalmaz, a könnyen oldható foszfor és kálium mennyisége igen kevés, ill. kevés.

A tanulmányozott erdei ökoszisztéma: talajának enzimaktivitása

Ez összefüggésben van a talajban végbemenő biológiai folyamatokkal. Összességében ezek intenzitásának egyik legelfogadhatóbb jellemzője a talaj CO₂-termelése. Ennek mennyisége dinamikusan változik, és egy adott időpontban függ a termőhelytípustól, a növénytakarótól, az elhalt növényi és állati maradványok összetételétől valamint súlyától, továbbá a talajban élő többsejtű állatok és mikroorganizmusok élettévékenységétől. LUNDEGARDTH [10] szerint a talajlevegő CO₂-tartalmának hozzávetőleg kétharmad része mikrobiális eredetű, és egyharmad

része a növények gyökérlégzéséből adódik. ZONN [20] adatai azt igazolják, hogy az erdő alatt a talajlevegő CO_2 -mennyisége nagyobb, mint a légyszárú növényekkel borított talajban.

A közöltekből adódóan szükségesnek tartottuk meghatározni az ökoszisztémák talajának összbaktériumszámát és CO_2 -termelését (5. táblázat).

Az adatok szerint a vizsgálati időpontban az *avartakaró nedvességtartalma több mint kétszerese, az összbaktériumszáma és a CO_2 -termelése pedig nagyságrendileg sokszorososa volt* a közvetlenül alatta levő talajrétegének. Ezek az értékek a felszíntől lefelé haladva csökkentek. Ettől eltérés csupán a savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj C-szintjénél mutatkozott, amelyben a nedvesség és a CO_2 mennyiségének kismérvű növekedése következett be, hasonlóan a könnyen oldható tápelemtartalomhoz.

Az összbaktériumszám és a CO_2 -termelés változása között lineáris összefüggés nincs. Ugyanis a CO_2 -termelés nemcsak a baktériumok anyagcseréjének következménye, hanem az adott talajban élő más mikroorganizmusok, továbbá a benne és a felszínén élő magasabbrendű növény- és állatvilág életműködése is befolyásolja. A talaj

5. táblázat

A kísérleti talajok nedvességtartalma, összbaktériumszáma és CO_2 -termelése

(1) Talajtípus, származási hely, szint jele és mintavétel mélysége, cm	(2) Nedvesség-tartalom, %	(3) Baktériumok száma, millió/g száraz anyag	(4) CO_2 -termelés, mg/100 g száraz anyag
1. Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj (Asztalfő)			
$A_{00} + A_0$ avartakaró	85,91	35 295	744,3
A 0–25	39,14	15 358	9,5
B 25–40	19,82	8 913	0,9
40–63	18,96	4 632	0,7
63–90	17,06	1 704	0,4
C 90–100	19,57	1 475	0,6
110–120	22,70	741	0,5
2. Rendzina talaj (Szárhalom)			
$A_{00} + A_0$ avartakaró	89,71	89 974	1 054,0
A 0–5	38,59	26 991	9,9
5–15	35,81	15 421	4,6
15–30	30,91	6 348	2,0
30–50	23,45	4 076	0,6
C 50–100			
		a) tömör, homokos lajtamészkö	
3. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Farkasgyepű)			
$A_{00} + A_0$ avartakaró	59,86	20 543	249,3
A_1 0–16	26,80	6 411	2,9
A_3 16–28	17,85	3 782	1,3
B 28–75	14,66	2 453	0,7
C 75–103	19,02	1 383	0,6

6. táblázat
A kísérleti talajok enzimaktivitása

(1) Talajtípus, származási hely, szint jele és mintavétel mélysége, cm	(2) Oxireduktázok		(5) Hidrolázok			
	(3) Kataláz, O ₂ , cm ³ /1 ^h /1 g sz. a.	(4) Dehidrogenáz, TFF, mg/24 ^h /10 g sz. a.	(6) Invertáz, glukóz, mg/1 ^h /1 g sz. a.	(7) Foszfátáz, P ₂ O ₅ , mg/30 ^h /100 g sz. a.	(8) Ureáz, NH ₃ ,	(9) Proteáz, glicin,
	mg/24 ^h /1 g sz. a.					

1. Savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj (Asztalfő)

A ₀₀ + A ₀ avartakaró	22,6	16,9	1049,4	46,6	0,1	0,5
A 0— 25	8,1	5,3	331,3	11,0	ny	0,3
B 25— 40	0,9	2,7	139,2	10,0	ny	0,1
40— 63	0,6	2,2	118,3	4,7	ny	0,1
63— 90	0,3	1,8	60,7	6,1	ny	ny
C 90— 110	1,9	4,1	112,8	9,6	ny	0,2
110— 120	1,7	6,0	279,5	11,2	ny	0,4

2. Rendzina talaj (Szárhalom)

A ₀₀ + A ₀ avartakaró	43,0	86,4	307,4	23,2	1,6	0,7
A 0— 5	13,0	21,1	157,8	13,3	0,1	0,5
5— 15	9,6	16,6	116,2	10,0	0,1	0,5
15— 30	7,9	18,9	117,8	14,4	0,1	0,4
30— 50	4,8	7,3	63,0	4,9	ny	0,4
C 50— 100						

a) tömör, homokos lajtamészkö

3. Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Farkasgyepű)

A ₀₀ + A ₀ avartakaró	24,9	40,8	401,7	36,0	0,5	0,6
A ₁ 0— 16	4,5	12,0	154,5	12,4	ny	0,5
A ₃ 16— 28	3,3	11,7	76,4	8,0	ny	0,2
B 28— 75	1,2	6,4	50,2	4,8	ny	0,2
C 75— 103	0,6	2,2	28,9	2,6	ny	ny

sz. a. = száraz anyag

TFF = trifenil-formazán

biológiai folyamataiban részt vevő mikroorganizmusok közül is egyes termőhelyeken a baktériumok, más esetekben viszont a gombák léphetnek előtérbe.

A talajok enzimaktivitásával kapcsolatos adatokat a 6. táblázatban közöljük.

A vizsgált enzimek aktivitása mind a három ökoszisztéma esetében — az összes N, P és K mennyiségével, összbaktériumszámmal, valamint CO₂-termeléssel megegyezően — legnagyobb az avartakaróban volt. Ez azzal magyarázható, hogy az avartakaró az erdei talajok speciális organogén szintje, amelyben a szerves anyagok átalakulási folyamataiban az elsődleges szerepet a mikroorganizmusok és az általuk kiválasztott enzimek viszik.

A kataláz-, dehidrogenáz-, ureáz- és proteázaktivitás legnagyobb a redzina talajon levő molyhos-kocsánytalan tölgyes-cseres faállomány avartakarójában volt. Ezt követte a gyéritett bükkös, végül pedig a vörösfenyőlegyes lucos faállomány.

Ugyanilyen sorrendben *tágul* — 31,6:1; 32,9:1; 39,4:1 — az avartakaró C:N aránya és *csökken* — 28,84; 28,66; 22,58 % — a szerves anyag átalakulásának intenzitását kifejező JENNY-féle [6] k-érték is [14].

Az invertáz- és foszfatázaktivitás legnagyobb a savanyú, nem podzolos barna erdőtalajon levő vörösfenyőelegyes lucos avartakarójában volt. Sorrendben ezután a gyérintett bükkös és molyhos-kocsánytalan tölgyes-cseres faállomány következett. A vörösfenyőelegyes lucos avartakarójának igen nagy — a molyhos-kocsánytalan tölgyes-cseres avarjához képest több mint háromszorosa — invertázaktivitása az igen tág C:N aránnyal magyarázható. Ebből adódik nagyon alacsony ureáz- és mérsékelt proteázaktivitása is.

Több szerző [9, 11] szerint a talaj foszfatázaktivitását elsősorban az ezt az enzimet szintetizáló mikroorganizmusok száma, és ezek foszfatáztermelésének intenzitása határozza meg. Utóbbi főleg a szubsztrátum könnyen oldható foszfortartalmától függ. Minél kisebb ez, annál nagyobb a foszfatázaktivitás.

Adataink szerint mindhárom faállomány avartakarójának könnyen oldható foszfortartalma még a 0,5 mg-ot sem haladta meg, viszont a foszfatázaktivitás ezekben volt a legnagyobb. Ez az érték 2—4-szeresét tette ki a közvetlenül alattuk levő ásványi szintekben meghatározott mennyiségeknek.

A savanyú, nem podzolos és az agyagbemosódásos barna erdőtalaj ásványi szintjeiben a foszfatázaktivitás minden esetben nagyobb volt, mint a könnyen oldható foszfor mennyisége. A rendzina talaj esetében ez az összefüggés csak az A-szint 15—50 cm-es rétegeire vonatkoztatható. Ennek oka szerintünk az A-szint felső rétegeinek igen nagy szervesanyag-tartalmával magyarázható.

A talajok ásványi szintjeiben az enzimaktivitás a felszíntől a mélyebb rétegek felé haladva a könnyen oldható tápelemekkel csaknem azonos tendenciát mutatva változott.

A savanyú, nem podzolos barna erdőtalajnál az enzimaktivitás 90 cm-ig fokozatosan csökkent, a C-szintben viszont növekedett. Kismérvű eltérés — hasonlóan a könnyen oldható foszfor és kálium mennyiségéhez — csupán a foszfatázenzim esetében mutatkozott, amelynek aktivitásfokozódása már a B-szint 63—90 cm-es rétegében elkezdődött.

A talajszelvény aktivitásának ez a rétegenkénti változása részben az A- és B-szint igen nagy vázrész százalékával magyarázható. Ennek következtében, a könnyen oldható tápelemek mellett viszonylag gyorsan végbemegy a bomlásnak indult szerves anyagok egy részének lefelé történő áramlása is. Ez a folyamat a C-szintben jelentős mértékben lelassul, és bekövetkezik a talajoldatban levő anyagok visszaduzzasztása. Így kedvező feltételek alakulnak ki a mikroorganizmusok *oligotróf* csoportjának életműködéséhez, amelyek vizsgálataink [16] szerint ezekben a rétegekben nagy mennyiségben fordulnak elő. Feltételezhető, hogy közülük egyes fajok a vizsgált enzimek valamelyikének *producensei* is lehetnek. Másrészt a talaj felső szintjeiben szintetizálódott enzimek is elmozdulhatnak és eközben felhalmozódhatnak a talajképző közet agyagos rétege felett.

A rendzina talajnál a dehidrogenáz-, invertáz- és foszfatázaktivitásnak a felszíntől lefelé történő fokozatos csökkenése csak az A-szint 15 cm-es mélységéig folytatódott. A 15—30 cm-ig terjedő rétegben ezeknek az enzimeknek az aktivitása növekedett.

Az agyagbemosódásos barna erdőtalaj ásványi szintjeiben az enzimaktivitás minden esetben — hasonlóan a könnyen oldható tápelemek mennyiségéhez — a felszíntől a mélyebb rétegek felé haladva csökkent.

A talajok ásványi szintjeinek enzimaktivitása közötti különbségeket számszerűen azért nem értékeljük, mert ezek eltérő genetikai típusokat képviselnek. Így a rendzina talaj esetében csak az A-szint vizsgálatára került sor. Másrészt az egyes szintek, s ezeken belül a vizsgált rétegek vastagsága sem azonos.

Vizsgálataink azt igazolják, hogy mind a könnyen oldható tápelemek mennyiségének, mind az enzimaktivitásnak szelvénybeli változását nemcsak a genetikai talajtípus befolyásolja, hanem ez a termőhelytípus összhatásával van összefüggésben.

Összefoglalás

A vizsgálati időpontban az avartakaró nedvességtartalma több mint kétszerese, az összbaktériumszáma és a CO_2 -termelése pedig nagyságrendileg sokszorososa volt a közvetlenül alatta levő talajrétegének. Ezek az értékek a felszíntől lefelé haladva csökkentek. Eltérés csupán a savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj C-szintjében mutatkozott. Ennek a miocén kori üledéknek a 110—120 cm-ig terjedő rétege szürke agyag, amely a talajoldat lefelé tartó mozgását lelassítja. Így a C-szintben — elsősorban tavasszal — a talajoldat visszaduzzasztása révén pszeudoglejesedés és a könnyen oldható tápelemek mennyiségének, valamint a CO_2 -termelésnek kismértvű növekedését, továbbá az enzimek egy részének lefelé történő áramlása következtében az enzimaktivitás fokozódását állapítottuk meg.

A vizsgált enzimek aktivitása mind a három ökoszisztéma esetében — az összes N, P és K mennyiségével, összbaktériumszámmal, valamint a CO_2 -termeléssel megegyezően — legnagyobb az avartakaróban volt. Ez azzal magyarázható, hogy az avartakaró az erdei talajok speciális organogén szintje, amelyben a szerves anyagok átalakulási folyamataiban az elsődleges szerepet a mikroorganizmusok és az általuk kiválasztott enzimek játsszák.

Vizsgálataink szerint az enzimaktivitás szelvénybeli változását nemcsak a genetikai talajtípus befolyásolja, hanem ez a termőhelytípus összhatásával van összefüggésben.

Különösen a faállományok avartakarójában végbemenő átalakulási folyamatok tanulmányozását szükségesnek tartjuk enzimaktivitási vizsgálatokkal is kiegészíteni.

Irodalom

- [1] Az egyes termőhelytípusokon alkalmazható célállományok és azok várható növekedése. Kézirat gyanánt. 2. Kiad. Szerk.: SALI E. MÉM Erdőrendezési Főosztály. Budapest. 1975.
- [2] GALSZTJAN, A. S.: Voproszi pocsvennoj fermentologii. Szbornik dokladov szimpoziuma po fermentam pocsvü. Izd. AN. Bel. SzSzR. Minszk. 1968.
- [3] GALSZTJAN, A. S.: Opređenje aktivnoszti fermentov pocsv. Izd. AN. Arm. SzSzR. Jerevan. 1978.

- [4] HAZIEV, F. H.: Szisztemno-ekologicseskij analiz fermentativnoj aktivnoszti pocsv. Izd. Nauka. Moskva. 1982.
- [5] JÁRÓ Z.: Az erdészeti termőhelyértékelés rendszere. In: DANSZKI I.: Erdőművelés. I. 45—256. 1973.
- [6] JENNY H., GESSEL, S. P. & BINGHAM, F. T.: Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Sci.* **68**, 419—432. 1949.
- [7] KAZANSZKAJA, T. B. & ANJUHINA, JU. G.: Vüdelenie uglekiszlotü bakterijami roda *Enterobacter*, utilizirujucsimi gljukožu i glicerin. *Mikrobiologija*. (2) 240—244. 1980.
- [8] KOZLOV, K. A.: Izucsenie biologicseszkaj aktivnoszti pocsv Vosztočnoj Szibiri. *Pocsvovedenie*. (4). 40—47. 1962.
- [9] KRAMER, M. & ERDEI G.: Primenenie metoda opredelenija aktivnoszti foszfatezü v agrohímicseszkij iszszledovanijah. *Pocsvovedenie*. (9). 99—102. 1959.
- [10] LUNDEGARDTH, H.: Die natürliche CO₂-Produktion des Bodens. *Nord. Jordbv. Forskn.* 5/6. 1923—24.
- [11] MINENKO, A. K.: Iszpolzovanie intenzivnoszti producirovannija mikroorganizmami foszfatazü dlja szravnitelnoj ocenki obeszcpecsennoszti pocsvü dosztupnüm foszforom. Szbornik dokladov szimpoziuma po fermentam pocsvü. Izd. AN. Bel. SzSzR. Minszk. 1968.
- [12] PÁNTOS Gy.: Termőhelyismerettan I. B. Egyetemi jegyzet. Erdészeti és Faipari Egyetem Jegyzetszorosító Részlege. Sopron. 1973.
- [13] PÁNTOS Gy.: Termőhelyismerettan II. B. Egyetemi Jegyzet. Erdészeti és Faipari Egyetem Jegyzetszorosító Részlege. Sopron. 1980.
- [14] PÁNTOS Gy., PÁNTOS—DERIMOVA T. & VAHAYE, G. A.: Erdei ökoszisztémák avartakarójának száraz- és tápanyagtartalma, valamint átalakulása. *Erdészeti és Faipari Tud. Közlem.* (1) 91—106. 1981.
- [15] PÁNTOS—DERIMOVA, T. D.: Mikroflora lesznhü pocsv Vengrii kak komponent biogeocenoza. *Izv. Akad. Nauk SzSzSzR. Szer. biol.* (5) 767—771. 1980.
- [16] PÁNTOS—DERIMOVA, T. D.: Szpecifika pocsvvennoj mikroflori lesznhü biogeocenzov Vengrii. *Izv. Akad. Nauk SzSzSzR. Szer. biol.* (2) 1983. (Megjelenés alatt).
- [17] PETERSZON, N. V.: Isztocsniki obogaszcsenija pocsvü fermentami. *Mikrobiol. Zsurnal.* (6) 5—11. 1961.
- [18] SZABÓ I. M.: Mikrobial communities in a forest-rendzina ecosystem. Akadémiai Kiadó. Budapest. 1974.
- [19] SCSERBAKOVA, T. A.: K metodike opredelenija aktivnoszti invertazü i amilazü v pocsv. Szbornik dokladov szimpoziuma po fermentam pocsvü. Izd. AN. Bel. SzSzR. Minszk. 1968.
- [20] ZONN, Sz. V.: Vlijanie lesza na pocsvü. Izd. AN SzSzSzR. Moskva. 1954.
- [21] ZVJAGINCEV, D. G. DMITRIEV, E. A. & KOZSEVIN, P. A.: O ljumineszcenno-mikroszkopicseszkom izucsenii pocsvennüh mikroorganizmov. *Mikrobiologija*. (6) 1091—1097. 1978.

Érkezett: 1982. december 23.

Enzyme Activities in the Soils of Different Forest Ecosystems

T. PÁNTOS-DERIMOVA

University of Forestry and Timber Industry, Sopron (Hungary)

Summary

The investigations were carried out at three sites representing the following ecosystems:

1. Asztalfő — *Piceetum excelsae cultum* mixed forest stand planted on acidic non-podzolic brown forest soil (texture: loam; tilth: deep; beech-type microclimate), it is under the influence of seepage water.

2. Szárhalom — *Orno-Quercetum pubescenti-cerris* mixed forest stand on rendzina (texture: loam; tilth: shallow; sessile oak/Austrian oak-type microclimate), it is not under the influence of surplus water.

3. Farkasgyepű — *Laureolae-Fagetum* stand on brown forest soil with clay illuviation (texture: loam; tilth: deep; beech-type microclimate), it is not under the influence of surplus water.

The forest litter and soil samples were collected in the spring of 1980. The totality of the remnants of fallen leaves, dead plants and animals, metabolic products formed at the site, as well as droppings left there constituted the forest litter.

First of all a detailed site diagnosis was made and the bonity class was determined at each site. The total contents of NPK in the forest litter were higher—in the case of N and K several times higher—than in the underlying soil layers. On the other hand the readily available NPK content was less than half per cent of the total amount of NPK. The acidic non-podzolic brown forest soil—formed on Miocene sediments—has a gray clay layer at 100—120 cm, which inhibits the downward moisture movements. Consequently, a slight increase in the quantity of readily available nutrients and pseudogley formation could be observed in the C horizon, due to the banking up of the soil solution.

The moisture content, the total bacterium count and the CO₂ production of the forest litter considerably exceeded those of the underlying soil layer—the moisture content being more than double, and the other two indices many times higher. The values of these indices decreased with depth, except in the C horizon of the acidic non-podzolic brown forest soil.

In all three ecosystems the investigated enzyme activities were the highest in the forest litter. In fact the forest litter constitutes a specific organogenic layer of the soils, where the transformation processes of organic matter are determined mainly by microorganisms and the enzymes produced by them. Catalase-, dehydrogenase-, urease- and protease activities were found to be the highest in the forest litter of the *Orno-Quercetum pubescenti-cerris* mixed stand on the rendzina, and the lowest in that of *Piceetum excelsae cultum*, where invertase and phosphatase activities were the most pronounced. This high invertase activity—more than thrice as high as that determined in the forest litter of *Orno-Quercetum pubescenti-cerris*—is due to the very wide C : N ratio, which also explains the very low urease and moderate protease activities.

The readily soluble P₂O₅ contents of the forest litters did not exceed 0.5 mg in either case, while their phosphatase activities were 2—4 times higher than the corresponding values determined in the topmost mineral soil layers.

The changes with depth in enzyme activities in the mineral soil layers followed closely those in the contents of readily available nutrients.

On the basis of our findings the conclusion has been drawn that the changes in enzyme activity within the profiles are influenced not only by the soil type but also by the characteristics of the habitat type. The investigation of the transformation processes taking place in the different forest litters should always include the determination of enzyme activities.

Table 1. Precipitation and mean temperature at the investigated sites (1976—1980). (1) Site. a) Annual precipitation, mm; b) Precipitation during the vegetation period, mm; c) Annual mean temperature, °C; d) Mean temperature during the vegetation period, °C.

Table 2. Some relevant soil characteristics. (1) Soil type, site, horizon, and sampling depth, cm. 1. Acidic non-podzolic brown forest soil (Asztalfő); 2. Rendzina (Szárhalom); 3. Brown forest soil with clay illuviation (Farkasgyepű). (2) y_1 : hydrolytic acidity, y_2 : exchange acidity — CaCO_3 , %. (3) Hygroscopicity. (4) Capillary rise in 5 hours, mm. (5) Upper limit of plasticity. (6) CEC value. (7) Sum of exchangeable Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ and K^+ . (8) Saturation %.

Table 3. Mechanical composition of the soils, as well as their humus and total NPK contents. For (1) see Table 2. A_{00} : forest litter, remnants of plants and animals piled up in a year; A_0 : forest litter, shapeless organic matter in a state of decomposition. (2) Particles larger than 2 mm in diameter, %. (3) Mechanical composition, % (according to Atterberg). (4) Humus, %. + In the A_{00} and A_0 horizons the C % is given instead of humus.

Table 4. The total and the readily soluble NPK contents of the soils (mg/100 g dry matter and in the percentage of the total NPK content). For (1) see Table 2. a) compact, arenaceous (Lajta) limestone; b) traces. (2) Total. (3) AL-soluble.

Table 5. Moisture content, total bacterium count and CO_2 production of the soils. For (1) see Table 2. (2) Moisture content, %. (3) Bacterium count, million/g dry matter. (4) CO_2 production, mg/100 g dry matter.

Table 6. Enzyme activity in the soils. For (1) see Table 2. (2) Oxyreductases. (3) Catalase, O_2 cm³/1 minute/1 g dry matter. (4) Dehydrogenase, triphenylformazan (TFF) mg/24^h/10 g dry matter. (5) Hydrolases. (6) Invertase, glucose mg/1^h/1 g dry matter. (7) Phosphatase, P_2O_5 mg/30 minutes/100 g dry matter. (8) Urease, NH_3 mg/24^h/1 g dry matter. (9) Protease, glycine mg/24^h/1 g dry matter.

Enzymaktivität des Bodens in einigen Wald-Ökosystemen

T. PÁNTOS-DERIMOWA

Lehrstuhl für Standortkunde der Universität für Forstwesen und Holzindustrie, Sopron (Ungarn)

Zusammenfassung

Die Versuche wurden in folgenden Ökosystemen vorgenommen:

1. In einem aus *Piceetum excelsae cultum* bestehenden Wald (in Asztalfő) mit einem für Buchenwälder charakteristischen Klima, der auf einem lehmigen, sauren, keine Podsolierung aufweisenden, braunen Waldboden mit mächtigem A-Horizont wächst und der unter der Einwirkung von Sickerwasser steht.

2. In einem aus *Orno-Quercetum pubescenti-cerris* bestehenden Wald (in Szárhalom) mit einem für die dort auffindbaren Baumarten charakteristischen Klima, der auf einem lehmigen Rendzinaboden mit einem A-Horizont von geringer Mächtigkeit steht und unabhängig von der Einwirkung von Wassereinsickerung ist.

3. In einem aus *Laureolae-Fagetum* bestehenden Wald (in Farkasgyepű) mit einem für Buchenwälder charakteristischen Klima, der auf einem lehmigen braunen Waldboden mit Toneinwaschungen und mit einem mächtigen A-Horizont wächst und der unabhängig von der Einwirkung von Wassereinsickerung ist.

Die Bodenproben und die Bodenstreuproben wurden im Frühjahr 1980 genommen. Im Laufe der Arbeit betrachteten wir die Gesamtheit der auf die Oberfläche des Bodens gelangten pflanzlichen und tierischen Reste als Bodenstreu.

Den einleitenden Teil unserer Forschungsarbeit bildete die detaillierte Erschliessung der Standorte und die Bewertung der Holzertragsfähigkeit der Wälder. Die gesamte Menge von N, P und K war in der Bodenstreuendecke grösser — im Falle von N und K sogar mehrfach grösser — als in den darunter befindlichen Bodenhorizonten. Der leichtlösliche Nährstoffgehalt hingegen erreichte nicht einmal 0,5% des gesamten N-, P-, K-Gehaltes. Die bis zu 100—120 cm in die Tiefe reichende Schichte des auf dem aus dem Miocän stammenden Sediment entstandenen, sauren, braunen Waldbodens besteht aus grauem Ton. Dies verlangsamt die nach unten gerichtete Bewegung der Bodenlösung. Deshalb kann im Horizont C — besonders im Frühjahr — infolge Rückstau der Bodenlösung eine Bildung von Pseudogley und eine geringe Zunahme der Menge der leichtlöslichen Nährstoffe beobachtet werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Streudecke betrug zur Zeit der Untersuchung mehr als das Doppelte, die gesamte Anzahl der Bakterien und die CO₂-Produktion betrug in Grössenordnung ein Mehrfaches der unmittelbar darunter befindlichen Bodenschichten. Diese Werte haben von der Oberfläche nach unten zu abgenommen. Eine Abweichung vom obigen hat sich nur im Horizont C des sauren, braunen Waldbodens gezeigt.

Die Aktivität der untersuchten Enzyme war bei allen drei Ökosystemen in der Streudecke die grösste. Dies erklärt sich daraus, dass die Streudecke der spezifische organogene Horizont der ursprünglichen Böden ist, in welchem die Mikroorganismen und die durch diese ausgeschiedenen Enzyme eine primäre Rolle in den Umgestaltungsvorgängen der organischen Stoffe spielen. Die Aktivität von Katalase, Dehydrogenase, Urease und Protease war in der Streudecke des Waldes mit einem *Orno-Quercetum pubescenti-cerris*-Bestand, auf dem Rendzinaboden, am grössten. Danach kam die Streudecke des Waldes mit einem *Laureolae-Fagetum*-Bestand, und schliesslich folgte diejenige des Waldes mit einem *Piceetum excelsae cultum*-Bestand.

Die Aktivität von Invertase und Phosphatase war die grösste in der Streudecke des sauren, braunen Waldbodens. Dessen sehr hohe Invertase-Aktivität — mehr als das Dreifache derjenigen der Streudecke von *Orno-Quercetum pubescenti-cerris* — kann mit dem sehr weiten C:N-Verhältnis erklärt werden. Daraus ergibt sich auch dessen sehr niedrige Urease- und mässige Protease-Aktivität.

Der leichtlösliche P₂O₅-Gehalt der Streudecken aller Baumbestände überstieg nicht den Wert von 0,5 mg. Die Phosphatase-Aktivität hingegen betrug das 2—4-fache der in den unmittelbar darunter befindlichen Bodenhorizonten festgestellten Mengen.

In den Bodenhorizonten änderte sich von der Oberfläche gegen die tieferen Schichten fortschreitend die Enzymaktivität in der gleichen Weise wie die Menge der leichtlöslichen Nährstoffe.

Aufgrund unserer Untersuchungen wird die Änderung der Enzymaktivität nicht nur durch den genetischen Typ des Bodens beeinflusst, sondern sie steht auch im Zusammenhang mit der Gesamtwirkung des Standorttypes. Deshalb halten wir es für besonders notwendig das Studium der Umgestaltungsvorgänge in der Streudecke der Baumbestände mit Untersuchungen der Enzymaktivität zu ergänzen.

Tab. 1. Gesamtniederschlag und Mitteltemperatur an den Standorten pro Jahr und pro Vegetationsperiode (in den Jahren 1976—80). (1) Standorte der Probenahme. a) Jährlicher gesamter Niederschlag, mm; b) Summe des Niederschlages in den Vegetationsperioden, mm; c) jährliche Mitteltemperatur, °C; d) Mitteltemperatur während der Vegetationsperioden, °C.

Tab. 2. Wichtigere Kennwerte der drei Versuchsböden. (1) Bodentyp, Herkunftsort, Bezeichnung des Horizontes, Tiefe der Probenahme, cm. 1. Saurer, keine Podsolierung aufweisender, brauner Waldboden (Asztalfő); 2. Rendzinaboden (Szárhalom); 3. Brauner Waldboden mit Toneinwaschungen (Farkasgyepü). (2) y₁: hydrolytische Azidität, y₂: Austauschazidität, bzw. CaCO₃-Gehalt, %. (3) Hygroskopizität. (4) Kapillarer Wasser-

aufstieg in 5 Stunden, mm. (5) Bindigkeitszahl nach Arany. (6) T-Wert. (7) S-Wert. (8) Sättigungsgrad, %.

Tab. 3. Mechanische Zusammensetzung (Körnung), Humus-, gesamter N-, P- und K-Gehalt der untersuchten Böden. (1) s. in Tab. 2. A₀₀ Bodenstreudecke: pflanzliche und tierische Reste innerhalb eines Jahres; A₀-Bodenstreudecke: in Zersetzung befindliche, formenlose organische Stoffe. (2) Skelett-Teile, %, > 2 mm Durchmesser. (3) Körnung, %, nach Atterberg in % des erdigen Anteiles. (4) Humusgehalt, %. + anstelle des Humusgehaltes wurde in den Horizonten A₀₀ und A₀ der C%-Gehalt angegeben.

Tab. 4. Gesamter und leichtlöslicher N-, P- und K-Gehalt der untersuchten Böden (in mg/100 g Trockensubstanz und in % des gesamten N-, P- und K-Gehaltes). (1) s. Tab. 2. a) dichter, sandiger Leitha-Kalkstein; b) in Spuren. (2) Gesamt. (3) AL-löslich.

Tab. 5. Feuchtigkeitsgehalt, gesamte Bakterienzahl und CO₂-Produktion der untersuchten Böden. (1) s. Tab. 2. (2) Feuchtigkeitsgehalt, %. (3) Bakterienzahl, Million/g Trockensubstanz. (4) CO₂-Produktion, mg/100 g Trockensubstanz.

Tab. 6. Enzymaktivität der untersuchten Böden. (1) s. Tab. 2. (2) Oxireduktase. (3) Katalase, O₂, cm³/1^h/1 g Trockensubstanz. (4) Dehydrogenase, Triphenyl-formasan-(TFF), mg/24^h/10 g Trockensubstanz. (5) Hydrolase. (6) Invertase, Glukose, mg/1^h/1 g Trockensubstanz. (7) Phosphatase, P₂O₅, mg/30^h/100 g Trockensubstanz. (8) Urease, NH₃, mg/24^h/1 g Trockensubstanz. (9) Protease, Glycin, mg/24^h/1 g Trockensubstanz.

Ферментативная активность почв некоторых лесных биогеоценозов

Т. ПАНТОШ-ДЕРИМОВА

Университет лесной и деревообрабатывающей промышленности, Кафедра местообитания, Шопрон (Венгрия)

Резюме

Исследования провели в следующих лесных экосистемах: 1. Насаждение смешанного лиственничного ельника (*Piceetum excelsae cultum*) на кислой неоподзоленной лесной почве, с глубоким плодородным слоем суглинистого механического состава, находящейся под влиянием просачивающейся влаги, букового климата; 2. пушисто-зимняя бургундская дубрава (*Orno-Quercetum pubescenti-cerris*) на рендзине с мелким плодородным слоем суглинистого механического состава, независимой от влияния избытка влаги, зимне-дубравного или бургундско-дубравного климата; 3. буковник (*Laureolea-Fagetum*) на иллимезированной бурой лесной почве, с глубоким плодородным слоем суглинистого механического состава, независимой от влияния влаги, букового климата.

Образцы для определения влажности, общего количества легко-растворимых питательных элементов, продукции CO₂, общей численности микроорганизмов, а также ферментативной активности почвы брали весной 1980 г. Лесную подстилку не разделяли на слои, брали среднюю пробу. В работе под подстилкой понимали сумму растительных и животных остатков на поверхности почвы, далее продукты обмена веществ, образовавшихся в данном месте, а также попавшие сюда испражнения.

Вводная часть исследовательской работы представляет собой подробное описание местообитаний и оценку их продуктивности.

Опытные данные показали, что общее количество N-, P- и K значительно выше в лесной подстилке, чем в нижележащих почвенных слоях. Что касается содержания

легкорастворимых питательных веществ, то в подстилке их количество не достигает даже 0,5% от общего содержания N-, P- и K. Кислая, неподзолистая бурая лесная почва, сформировавшаяся на осадочной породе периода миоцена, характерна наличием слоя серой глины на глубине 110—120 см. Благодаря этому движение почвенной воды сверху вниз замедляется; таким образом в горизонте С — особенно весной — вследствие накопления почвенной влаги наблюдается процесс псевдооглеения и некоторое повышение количества легкорастворимых питательных элементов.

В период проведенных исследований влажность лесной подстилки была в 2 раза, а численность бактерий и продукция CO_2 многократно выше, чем в нижележащих почвенных слоях. Эти данные сверху вниз по почвенному профилю уменьшаются. Исключение представляет собой горизонт С кислой, неподзолистой бурой лесной почвы на глубине 110—120 см.

Ферментативная активность — так же как и общее количество N-, P- и K, численность бактерий и продукция CO_2 — наиболее высока в лесной подстилке. Это объясняется тем, что лесная подстилка представляет собой специфический органогенный слой лесных почв, где в процессах превращения органических веществ первостепенная роль принадлежит микроорганизмам и выделенным ими ферментам. Активность каталазы, дегидрогеназы, уреазы и протеазы наиболее высокие в лесной подстилке дубравной экосистемы на рендзине.

За ней, по активности упомянутых ферментов, следует буковая экосистема, далее смешанный лиственничный ельник.

Наиболее высокую активность инвертазы и фосфатазы наблюдали в лесной подстилке смешанного лиственничного ельника на кислой неоподзоленной бурой лесной почве. Активность инвертазы более чем в три раза выше, чем в лесной подстилке на рендзине, что может быть объяснено широким соотношением C : N лесной подстилки вышеупомянутой экосистемы. Этим же, повидимому, можно объяснить очень низкую активность уреазы и умеренную активность протеазы.

Во всех трех изучаемых экосистемах содержание легкорастворимого P_2O_5 не превышает 0,5 мг. Однако активность фосфатазы в 2—4 раза выше, чем в нижележащем минеральном слое почвы.

Активность ферментов сверху вниз по почвенному профилю показала почти одинаковую тенденцию с легкорастворимыми питательными элементами.

Таким образом, опытные данные показали, что ферментативная активность находится в зависимости не только от генетического типа почвы, но и от типа местообитания. Считаю необходимым изучение процессов превращения лесной подстилки древесных насаждений дополнить исследованием ее ферментативной активности.

Табл. 1. Средние данные годовых осадков и температуры опытных объектов за 1976—1980 гг. (1) Место проведения опыта. а) сумма годовых осадков, мм. б) сумма осадков вегетационного периода, мм. с) средняя годовая температура, °C. d) средняя температура вегетационного периода, °C.

Табл. 2. Данные анализов почв на трех местах проведения исследований. (1) Тип почвы, место, обозначение горизонта и глубина взятия образцов в см. 1. Кислая, неоподзоленная бурая лесная почва (Асталфё). 2. Рендзина (Сархалом). 3. Иллимеризованная бурая лесная почва (Фаркашдьепю). (2) Гидролитическая кислотность u_1 , обменная кислотность u_2 , содержание CaCO_3 , %. (3) Гигроскопичность. (4) Пятичасовое капиллярное поднятие воды, мм. (5) Связность по Арань. (6) Величина «Т». (7) Величина «S». (8) Насыщенность, %.

Табл. 3. Механический состав изученных почв, содержание гумуса и общего азота, фосфора и калия. (1) Смотри в таблице 2. A_{00} : подстилка, годовые растительные и животные остатки. A_0 : подстилка, органический материал находящийся в процессе

разложения и потерявший характерную форму. (2) Скелетность почвы %, диаметр > 2 мм. (3) Механический состав по Аттербергу в % к мелкозему. (4) Гумус, %. + В горизонтах A_{00} - и A_0 вместо гумуса в % выражено содержание углерода в %.

Табл. 4. Общее содержание и легкорастворимых азота, фосфора и калия (в мг/100 г сухого вещества и в % от общего количества N-, P- и K.). (1) Смотри в таблице 2. а) плотный, песчаный лайта-известняк. б) следы. (2) Всего. (3) Растворимые в АЛ.

Табл. 5. Данные содержания влажности, общей численности бактерий и продукции CO_2 лесной подстилки и почвы изученных экосистем. (1) Смотри в таблице 2. (2) Влажность в %. (3) Численность бактерий миллион/сухого материала. (4) Продукция CO_2 мг/100 г сухого материала.

Табл. 6. Ферментативная активность лесных экосистем. (1) Смотри в таблице 2. (2) Оксиредуктазы. (3) Каталазы, O_2 см³ (1') 1 г сухого материала. (4) Дегидрогеназ, трифенилформазан (ТФФ) мг/24 час/10 г сухого материала. (5) Гидролазы. (6) Инвертаза, глюкоза мг/1 час/1 г сухого материала. (7) Фосфатазы, P_2O_5 мг/30'/100 г сухого материала. (8) Уреаза, NH_3 мг/24 час/1 г сухого материала. (9) Протеаза, глицин мг/24 час/1 г сухого материала.