

JELLEGZETES FINNORSZÁGI ERDŐTÁRSULÁSOK UGRÓVILLÁSKÖZÖSSÉGEINEK VIZSGÁLATA

Winkler Dániel András, Németh Tamás Márton és Traser György Nándor
Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

Kutatásunkban tűlevelű, lombos és elegendő erdőállományok ugróvillás (Collembola) közösségeit vizsgáltuk Ähtäri (Nyugat-Finnország) körzetében. A vizsgálat során összesen 32 faj 2007 egyedét sikerült azonosítani. A leggyakoribb ugróvillás fajnak a *Folsomia fimetarioides* bizonyult, amely mindegyik vizsgált habitatban nagy egyedszámban fordult elő. A legnagyobb fajszámú és diverzitású közösséget az erdei fenyvesben találtuk, míg az ugróvillás-sűrűség a nyíres társulás talajában volt a legmagasabb. A vizsgált erdőállományok eltérő növényzetének ellenére az ugróvillás közösségek hasonlósága (Bray-Curtis) viszonylag magas értékeket mutatott.

Kulcsszavak: talajfauna, Collembola, diverzitás, tűlevelű erdők, lombos erdők

COMPARATIVE STUDY OF COLLEMBOLAN COMMUNITIES IN DIFFERENT FOREST TYPES OF FINLAND

Abstract

The Collembola fauna was studied in the region of Ähtäri (Western Finland) in five different habitats (coniferous, deciduous and mixed forests). During the survey a total of 2007 specimens belonging to 32 species were collected. The most abundant species was *Folsomia fimetarioides* occurring in high numbers in all sampled habitats. Species richness and diversity were the highest in the pine forest, while total abundance peaked in the soil samples of the birch forest. Despite of the different plant composition of the sampled forests, community similarity (Bray-Curtis) was relatively high (41%<).

Keywords: soil fauna, Collembola, diversity, coniferous forest, deciduous forest

BEVEZETÉS

A finn erdőtypusrendszer kidolgozása Cajander (1909) nevéhez fűződik. Elmélete szerint a boreális régió szélsőséges viszonyai között csupán néhány növényfaj képes domináns szerepet betölteni, így a további társulásalkotóknak nemcsak a termőhelyi viszonyokhoz, hanem a fő(fa)fajokhoz is alkalmazkodniuk kell. Felismerte azt, hogy az aljnövényzet jól tükrözi a termőhelyi viszonyokat, ami megkönnyíti az erdőállományok osztályokba való sorolását. Ugyanakkor rendszerének alapját az akkor érintetlen idős (klimax) erdőállományok adták (Cajander 1949), amelyekből mára már csupán néhány maradt fenn (Uotila és mtsai 2001).



A skandináv országokban az elmúlt évtizedekre az új, intenzív erdőgazdálkodási technológiák alkalmazása volt jellemző (Esseen és mtsai 1997), melynek hatására az erdők aljnövényzetének összetétele jelentősen megváltozott (Uotila és Kouki 2005). Finnországban a fenyő monokultúrák telepítése lett a meghatározó, így a lombos erdőállományok aránya jócskán lecsökkent (Räty és Huhta 2004). Ezeknek a folyamatoknak számos ökológiai és érdekes talajfaunisztikai vonatkozása is van.

A talaj mezofaunáját képviselő ugróvillások (*Collembola*) kiváló indikátorai a talajkörnyezeti változásoknak (Hopkin 1997). Kimutatták továbbá, hogy az ugróvillások szoros funkcionális kapcsolatban vannak a talajfauna más csoportjaival, ezért nagy valószínűséggel feltételezhető, hogy ahol magas *Collembola*-diverzitást találunk, ott élénk a talajélet, és gazdag a talajfauna (Loksa 1978).

Skandináviai fenyőerdők ugróvillás közösségeiről számos publikáció látott napvilágot (Persson és mtsai 1980, Hågvar 1982, 1983, Hågvar és Abrahamsen 1984, Huhta és mtsai 1986), kevesebb tanulmány foglalkozik azonban lombos erdők *Collembola* faunájával (Petersen 1980, Huhta és Ojala 2006).

Kutatásunk célja néhány jellegzetes finnországi lombos és tűlevelű, valamint elegyes erdőtársulás *Collembola* faunisztikai és közösség-ökológiai összehasonlító vizsgálata volt.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

Vizsgálatainkat a nyugat-finnországi Ähtäri település közelében különböző típusú erdőállományokban (n=5) végeztük (1. ábra). Ezek rövid jellemzését, valamint a Cajander-féle osztályozás (Cajander 1925) szerinti besorolását az alábbiakban adjuk meg.

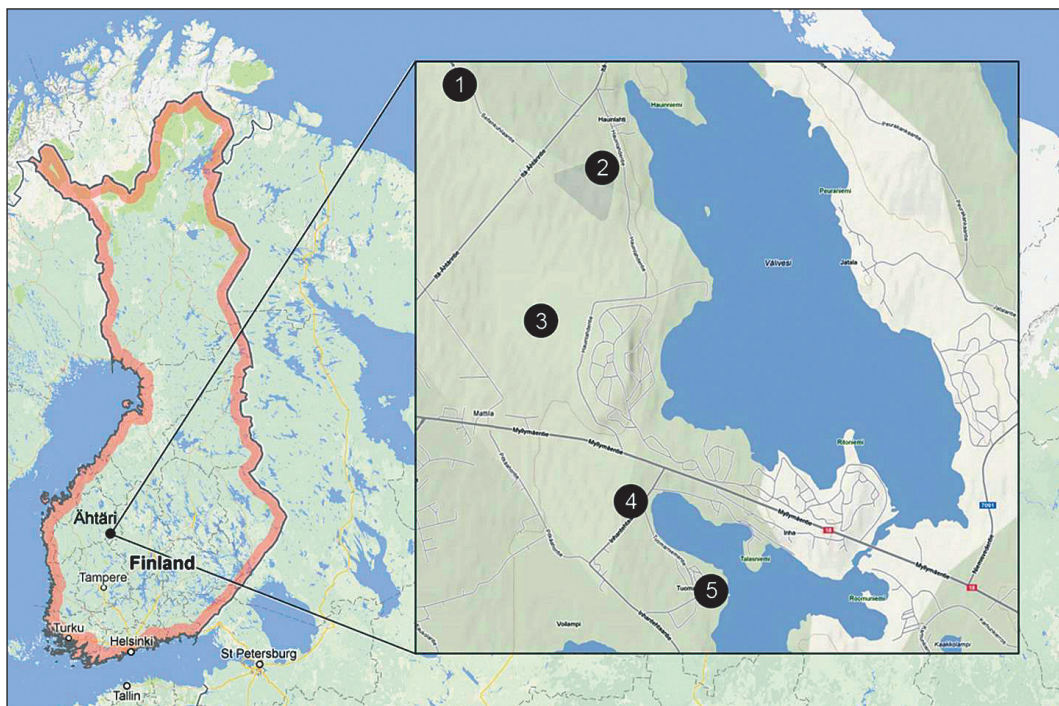
1. „Harju” (62°34'35.87"É, 24°6'30.52"K) – kb. 90 éves, *Vaccinium*-típusú erdeifenyő (*Pinus sylvestris* Linnaeus, 1753) állomány, ahol a vörös áfonya (*Vaccinium vitis-idaea* Linnaeus, 1753) és fekete mármorka (*Empetrum nigrum* Linnaeus, 1753) dominál. Humuszrétege csekély.

2. „Miilukangas” (62°34'18.74"É, 24°7'41.30"K) – kb. 110 éves, az előző típushoz képest nedvesebb, *Myrtillus*-típusú lucfenyves (*Picea abies* (Linnaeus) Karst. 1881), az emeletes moha (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.) és fekete áfonya (*Vaccinium myrtillus* Linnaeus, 1753) szőnyegszerű borítása jellemzi. A lombos fafajok hiányoznak, humuszrétege jól fejlett.

3. „Juurikkakangas” (62°33'42.26"É, 24°7'21.09"K) – kb. 90 éves, *Myrtillus*-típusú erdőállomány, ahol az erdeifenyő mellett a közönséges nyír (*Betula pendula* Roth, 1788) is jellemző fafaj. A fekete és vörös áfonya kiterjedt borítása és jól fejlett humuszréteg a jellemző.

4. „Tuomikoski” (62°33'2.98"É, 24°7'55.69"K) – kb. 30 éves, telepített nyíres, amely a *Myrtillus*-típusú erdőállományra hasonlít, de a tűlevelű fafajok hiányoznak. Domináns faj a fekete áfonya és fekete mármorka, humuszrétege még sekély.

5. „Tuomarniemi” (62°32'44.11"É, 24°8'37.78"K) – telepített, vegyes fafajú (lucfenyő, erdeifenyő, rezgő nyár (*Populus tremula* Linnaeus, 1753) és közönséges nyír), idős állomány, amely a *Vaccinium-Rubus*-típusba sorolható. A gyepszinten a fekete áfonya, a kövi szeder (*Rubus saxatilis* Linnaeus, 1753) és az erdei nádtippán (*Calamagrostis arundinacea* (Linnaeus, 1753) Roth, 1788) domináns. Talaját fejletlen humuszréteg jellemzi.



1. ábra: Vizsgálati terület (Åhtäri, Finnország) – mintavételi helyek

- ❶ „Harju” – erdeifenyves; ❷ „Miilukangas” – lucfenyves; ❸ „Juurikkakangas” – nyíres-erdeifenyves
 ❹ „Tuomikoski” – nyíres; ❺ „Tuomarniemi” – elegyes állomány

Figure 1: Study area (Åhtäri, Finland) – sampling sites

- ❶ "Harju" – pine forest; ❷ "Miilukangas" – spruce forest; ❸ "Juurikkakangas" – birch-pine forest
 ❹ "Tuomikoski" – birch forest; ❺ "Tuomarniemi" – mixed forest

Gyűjtési és kiértékelési módszerek

A talajmintákat egy 100 cm³ térfogatú, hossz tengelyében két palástra osztott fémhengerrel gyűjtöttük a talaj felső 10 cm-es rétegéből (gy.: Németh T.M., 2011. szeptember 19.). Mindegyik habitattípusból összesen 9x100 cm³ mintát dolgoztunk fel. A begyűjtött talajmintákat papírtölcséres futatóra (Balogh 1958) helyeztük. Két hét elteltével az ugróvillás egyedek leválogatása és mikroszkópos határozása következett.

Az ugróvillások határozása elsősorban Fjellberg (1980, 1998), Deharveng (1982), Babenko és mtsai (1994), Zimdars és Dunger (1994), Weiner (1996), Jordana és mtsai. (1997), Pomorski (1998), Brefeld (1999) és Potapov (2001) munkáinak segítségével zajlott. Az ugróvillások rendszertani áttekintésében Janssens és Christiansen (2011) beosztását vettük alapul.

A közösségi-ökológiai elemzés során a fajgazdagság, abundancia- és dominanciaviszonyok, fontosabb közösségi karakterisztikák (diverzitás, kiegyenlítettség) valamint hasonlósági indexek segítségével az egyes habitatok összehasonlító értékelését végeztük el. A tényleges fajszámon kívül megadjuk a nem-paraméteres fajszámbecslő Chao1 indexet is, amely a ritka fajok számának felhasználásával ad becslést a mintában nem szereplő fajok számára (Chao 1984). Chao1 értéke a mintában egyetlen egyeddel szereplő (szinglet) faj és a két egyeddel szereplő (duplet) fajok számának függvénye (Colwell és Coddington 1994, Colwell és mtsai 2004).



A diverzitásindexek közül a legelterjedtebb, Shannon és Weaver (1949) által leírt formulát (H), valamint a Simpson-féle diverzitásindexet (D) (Simpson 1949) alkalmaztuk. Míg a Shannon-függvény inkább a ritka fajokra, a Simpson-függvény a domináns fajok egyedszámára érzékeny. Ezért előfordulhat, hogy két közösség diverzitását rangsorolva – az alkalmazott diverzitásfüggvények eltérő érzékenységei miatt – eltérő eredményt kapunk. Ezt a hatást az úgynevezett diverzitási rendezés használatával lehet kiküszöbölni, ami lehetővé teszi a közösségek diverzitásának összehasonlítását a teljes gyakorisági skála mentén (Tóthmérés 1995, 1998). A Rényi-féle diverzitási rendezés egyben a Hutcheson-féle t -teszt igazolására is alkalmas (Tóthmérés 1997). A diverzitási profil megrajzolásához egy egyparaméteres diverzitási függvénycsaládot használunk, amelynek van egy α skálaparamétere (α rendű entrópia) (Rényi 1961, Patil és Taillie 1979), amelytől a függvény érzékenysége függ. Egy adott közösséget diverzebbnek nevezünk egy másiknál, ha profilja a másik fölött fut. Ha a profilok metszik egymást, akkor a diverzitás szempontjából a közösségek nem rangsorolhatók.

Minden közösségre megadjuk az ún. közösségidominancia-indexet (KDI). Ez az egyszerű karakterisztika megmutatja, hogy a dominancia-sorrendben elöl álló két faj dominanciaösszege hány %-a az összdominanciának (Krebs 1978).

A vizsgált élőhelyek Collembola közösségeinek hasonlóságát a Bray-Curtis-index (Bray és Curtis 1957) segítségével vizsgáltuk, amelynek előnye más hasonlósági, fajazonossági indexekkel (Jaccard, Sørensen) összevetve, hogy a mennyiségi viszonyokat is figyelembe veszi.

EREDMÉNYEK

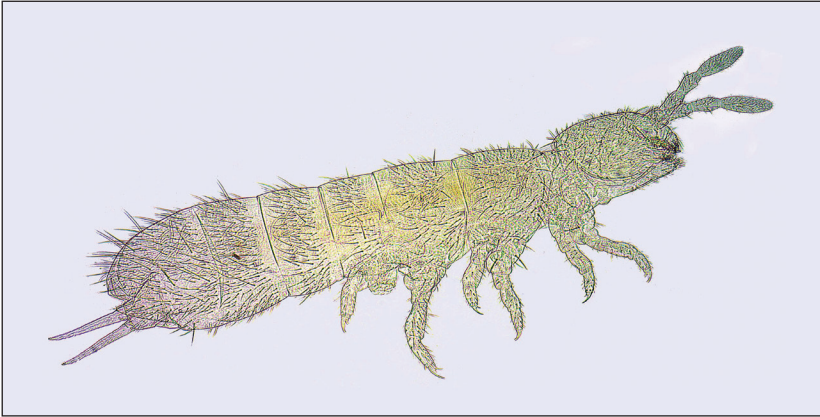
Faunisztikai eredmények

A vizsgálat során összesen 2007 Collembola egyedét gyűjtöttünk (1. táblázat). Az előkerült 32 faj 10 családot képvisel. Legnagyobb egyedszámmal az Isotomidae család volt képviselve, összesen 9 fajuk 1441 egyede fordult elő a vizsgálati területen. Míg a tipikusan euedafikus fajokat magába foglaló Onychiuridae és Tullbergiidae családok képviselőit közepes egyedszámmal találtuk a mintákban, a Tomoceridae és Entomobryidae családok alacsony faj- és egyedszámmal fordultak elő a minták összességében. Ennek többek közt az lehet a magyarázata, hogy egyes, főként a felszínen mozgó fajok (*Tomocerus*, *Pogonognathellus*, *Lepidocyrtus* és *Orchesella* spp.) a mintavételi módszer miatt meglehetősen alulreprezentáltak voltak, bár itt érdemes megemlíteni, hogy biomassza-részarányukat Huhta és mtsai (1986) sem találták jelentősnek a finnországi fenyesekben végzett gyűjtéseik alapján. Kis egyedszámmal, több esetben érdekes fajokkal további családok is megjelentek a mintákban (a Neanuridae, Hypogastruridae család fajai, valamint a Neelidae, Katiannidae és Arrhopalitidae család gömböc ugróvillásai).

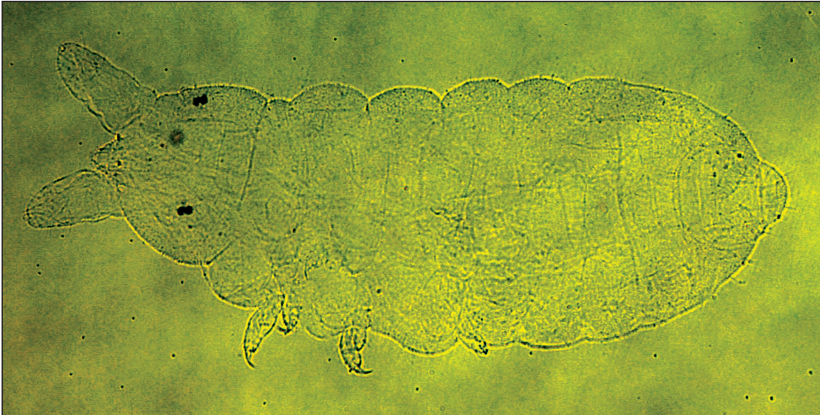
A leggyakoribb, mindegyik habitattípusban előforduló faj az Isotomidae családba tartozó *Folsomia fimetarioides* (2. ábra) volt. A mintáinkat tekintve legnagyobb sűrűségben a nyíresben találtuk. Az elsősorban fenyesekre jellemző, hazánktól északabbra előforduló, szintén az Isotomidae családot képviselő *Anurophorus septentrionalis*-a vizsgálati területünkön erdei- és lucfenyesben, valamint nyíres-erdeifenyvesben gyűjtöttük. Bár mintáinkban kis számban került elő, szinte egész Európában, így Finnországban is általánosan elterjedt fajnak számít a Neanuridae családba tartozó, mindössze 0,5 mm nagyságú *Micranurida pygmaea* (3. ábra). Ugyanebből a génusból sikerült kimutatnunk a Skandináviában általánosan elterjedt, teljesen vak *M. forsslundi* ugróvillás fajt is (4. ábra), amelyet lucfenyves állomány alól gyűjtöttünk.

1. táblázat: Az előforduló *Collembola* fajok abundanciája (egyed/m²)
 Table 1: *Collembola* species spectrum and abundance (ind./m²) in the sampled habitats

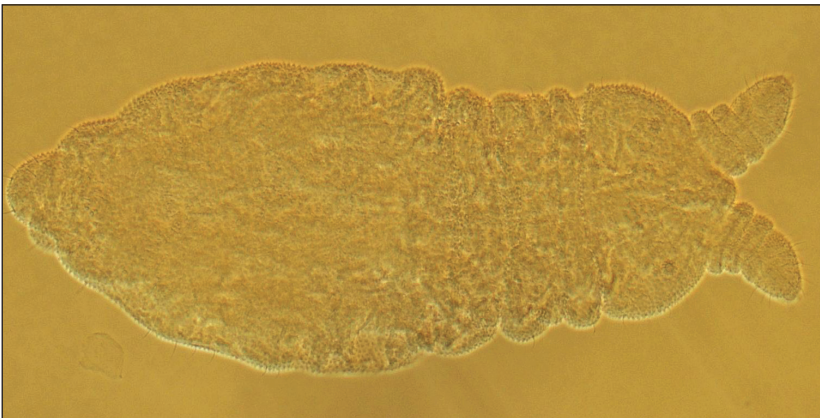
Collembola	Erdei- fenyves	Luc-fenyves	Nyíres- erdeifenyves	Nyíres	Elegyes erdő
Neanuridae					
<i>Anurida</i> sp.	148,1	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Friesea truncata</i> Cassagnau, 1958	0,0	0,0	0,0	458,3	259,3
<i>Friesea mirabilis</i> (Tullberg, 1871)	1222,2	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Micranurida forsslundi</i> Gisin, 1949	0,0	111,1	0,0	0,0	0,0
<i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901	74,1	37,0	0,0	0,0	0,0
<i>Micranurida granulata</i> (Agrell, 1943)	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0
<i>Neanura muscorum</i> (Templeton, 1835)	74,1	37,0	83,3	333,3	0,0
<i>Pseudachorutes parvulus</i> Börner, 1901	0,0	148,1	41,7	0,0	0,0
Hypogastruridae					
<i>Willemia anophthalma</i> Börner, 1901	1074,1	555,6	1416,7	125,0	0,0
<i>Willemia denisi</i> Mills, 1932	37,0	0,0	0,0	0,0	37,0
Onychiuridae					
<i>Hymenaphorura polonica</i> Pomorski, 1990	0,0	74,1	0,0	0,0	0,0
<i>Micraphorura absoloni</i> (Börner, 1901)	888,9	2703,7	208,3	791,7	0,0
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	814,8	0,0	125,0	1583,3	2185,2
<i>Protaphorura subuliginata</i> (Gisin, 1956)	0,0	0,0	111,1	0,0	0,0
<i>Protaphorura</i> sp. (juv.)	0,0	0,0	0,0	0,0	74,1
Tullbergiidae					
<i>Mesaphorura tenuisensillata</i> Rusek, 1974	74,1	0,0	0,0	41,7	0,0
<i>Mesaphorura yosii</i> (Rusek, 1967)	1407,4	777,8	333,3	250,0	1222,2
Tomoceridae					
<i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871)	0,0	0,0	0,0	83,3	148,1
<i>Tomocerus</i> sp.	0,0	0,0	41,7	0,0	0,0
Isotomidae					
<i>Anurophorus septentrionalis</i> Palissa, 1966	851,9	2444,4	625,0	0,0	0,0
<i>Desoria hiemalis</i> (Schoett, 1893)	0,0	148,1	0,0	0,0	0,0
<i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)	0,0	0,0	0,0	0,0	111,1
<i>Folsomia fimetarioides</i> (Axelson, 1903)	2925,9	5296,3	3291,7	15250,0	10333,3
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall, 1939	0,0	0,0	0,0	0,0	1851,9
<i>Isotoma caerulea</i> Bourlet, 1839	0,0	0,0	0,0	0,0	296,3
<i>Isotominella minor</i> (Schäffer, 1896)	1963,0	1592,6	2041,7	0,0	1000,0
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	1037,0	592,6	666,7	1083,3	925,9
<i>Pseudanurophorus binoculatus</i> Kseneman, 1934	74,1	185,2	0,0	250,0	0,0
Entomobryidae					
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)	37,0	0,0	0,0	0,0	703,7
Neelidae					
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	481,5	111,1	0,0	125,0	851,9
Katiannidae					
<i>Sminthurinus</i> sp. (juv.)	0,0	0,0	0,0	0,0	111,1
Arrhopalitidae					
<i>Arrhopalites</i> sp.	74,1	0,0	0,0	0,0	0,0
sum	13259,3	14851,9	8986,1	20375,0	20111,1



2. ábra: A leggyakoribb ugróvillás faj, a *Folsomia fimetarioides* (Fotó: Winkler D.)
Figure 2: The most abundant Collembola species: *Folsomia fimetarioides* (Photo: Winkler D.)



3. ábra: A savanyú fenyvesek talajának jellegzetes ugróvillása, a *Micranurida pygmaea* (Fotó: Winkler D.)
Figure 3: Characteristic species of acid coniferous forests: *Micranurida pygmaea* (Photo: Winkler D.)



4. ábra: *Micranurida forsslundi* (Fotó: Winkler D.)
Figure 4: *Micranurida forsslundi* (Photo: Winkler D.)

Közösségi ökológiai eredmények

A vizsgált erdőtársulások ugróvillás közösségeinek legfontosabb karakterisztikáit a 2. táblázatban foglaljuk össze.

2. táblázat: A vizsgált habitatok ugróvillás közösségeinek fontosabb karakterisztikái
Table 2: Collembola community characteristics in the sampled habitats

	S	Chao1	A	H'	D	J	KDI
Erdeifenyves	18	18,2	13259,3	0,88	2,354	0,81	36,87
Lucfenyves	16	17,5	14851,9	0,79	1,911	0,69	53,87
Nyíres-erdeifenyves	12	12,5	8986,1	0,78	1,795	0,72	59,26
Nyíres	12	12,9	20375,0	0,43	1,056	0,42	82,62
Elegyes állomány	15	16,1	20111,1	0,7	1,759	0,65	51,38

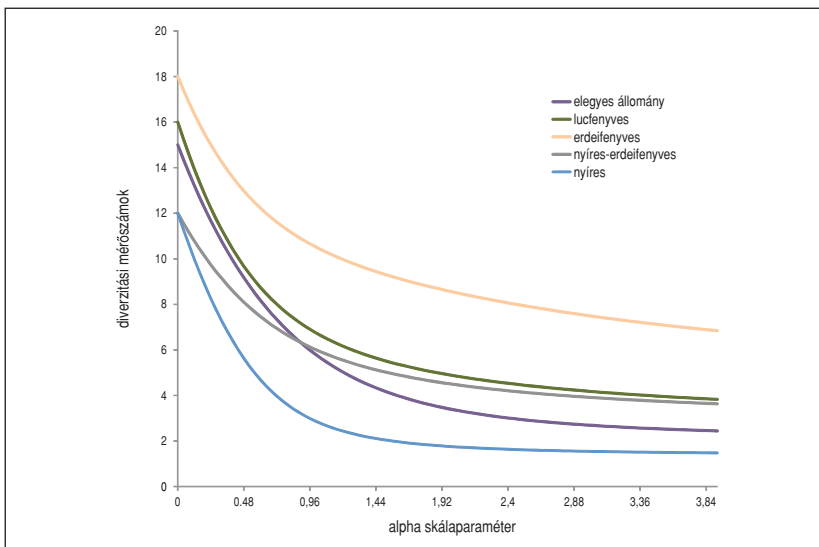
Jelmagyarázat: S – fajszám, Chao1 – nemparaméteres fajszámbecslő; A – abundancia (egyed/m²); H' – Shannon-diverzitás; D – Simpson-diverzitás; J – egyenletesség; KDI – közösségidominancia-index (%)

Abbreviations: S – total number of species; Chao1 – nonparametric species richness estimator; H' – Shannon-Weaver's diversity index; D – Simpson's diversity index; J – Pielou's evenness index; KDI – community dominance index (%)

A legtöbb fajt (18) az erdeifenyvesből vett mintákból sikerült kimutatnunk, valamint a diverzitás mérőszámai (Chao 1, Shannon- és Simpson-diverzitás) is ebben a habitatban adódtak a legmagasabbnak. A legalacsonyabb fajszámot (12) a nyíresben, valamint a nyíres-erdeifenyvesben detektáltuk.

A diverzitás és a kiegyenlítettség értékei a fiatal nyíresben voltak a legalacsonyabbak. A Shannon-diverzitások összehasonlítása (t-teszt) szignifikáns eltérést mutatott ($p < 0,05$) a nyíres-erdeifenyves – idős elegyes állomány párosítás kivételével. Utóbbi két állomány ugróvillás közösségeinek diverzitási profiljai azonban metszik egymás (5. ábra), így e két közösség a diverzitás alapján nem rangsorolható.

Az összábundancia-értékeket tekintve a nyíres és az elegyes állományok talajában találtuk a legnagyobb ugróvillás-sűrűséget.



5. ábra: A vizsgált habitatok Collembola közösségeinek diverzitási profiljai
Figure 5: Diversity profiles of Collembolan communities in the sampled habitats

A közösségidominancia-index magas értéket vett fel a nyíres állomány közösségében, ami egyrészt az alacsony fajszámnak, másrészt a *F. fimetarioides* többi fajhoz képest kiugróan magas dominanciájának köszönhető. A dominanciaindex alacsony értéke az erdeifenyves ugróvillás közösségénél kiegyenlítettebb dominanciastruktúrát jelez.

3. táblázat: A vizsgált habitatok ugróvillás közösségeinek hasonlósági mutatószámai (Bray-Curtis-index)
Table 3: Bray-Curtis similarity indices for between site comparisons of the Collembola communities

	Erdeifenyves	Lucfenyves	Nyíres-erdeifenyves	Nyíres
Lucfenyves	0,60			
Nyíres-erdeifenyves	0,72	0,61		
Nyíres	0,44	0,46	0,41	
Elegyes erdő	0,47	0,47	0,44	0,67

A Bray-Curtis hasonlósági index (3. táblázat) a gyűjtőhelyek viszonylatában 41% és 72% között változik (a legnagyobb hasonlóság az erdeifenyves és a nyíres-erdeifenyves között mutatkozott).

MEGVITATÁS

Az erdőterületek minőségi változásai (állománycserék, állományátalakítások) a legtöbb esetben jelentős hatással vannak a talajfaunára (Elmardottir és mtsai 2008). Különösen jellemző ez a korábban lombos állományok helyén telepített fenyvesek esetében (Arbea és Jordana 1985, Frank 1994, Traser és Csóka 2001, Fjellberg és mtsai 2007, Winkler és Tóth 2012). Finnországban a fenyő monokultúrák térhódítása s ezzel együtt a lombos állományok arányának csökkenése volt jellemző az elmúlt évtizedekben (Räty és Huhta 2004). A fenyvesítést követően a lebomlási folyamatok lelassulnak a fenyőtűavarnak köszönhetően, amely eltérő humuszformákban is megmutatkozik (Dunger és Voigtländer 2009). Számolni kell a fenyvesekben a talaj savanyodásával is az ugróvillások által leginkább benépesített felső 0–5 cm talajrétegben (Hågvar 1982, 1983, Hågvar és Abrahamsen 1984, Halbritter és mtsai 2007). Ezek a változások elsősorban a közösségek megváltozott fajösszetételében mutatkoznak meg, a fajszám azonban nem mindig mutat szignifikáns csökkenést a fenyvesekben (Fjellberg és mtsai 2007).

Finnországi gyűjtéseinkben a különböző erdőtipusok Collembola közösségeinek fajösszetétele a gyakori fajokat tekintetve nagy hasonlóságot mutatott hasonló élőhelyeken végzett felmérések eredményeivel (Huhta és mtsai 1986, Huhta és Ojala 2006, Huhta és mtsai 2010). A leggyakoribb fajnak bizonyult, észak-európai elterjedésű *Folsomia fimetarioides* Fjellberg (2007) mint túlevelű erdők talajának jellemző fajtát említi, míg Huhta és Ojala (2006) különböző eredetű nyíres állományokban is nagy sűrűségben találták, amit az Ähtäri mellett végzett vizsgálataink is igazoltak. Az *Anurophorus septentrionalis* fajt Huhta és mtsai (1986) a *Calluna*-típusú erdeifenyvesek egyik leggyakoribb ugróvillásának találták, a vizsgálati területünkön is a fenyvesekből mutattuk ki. A fenyvesek talajában gyűjtött *Micranurida pygmaea* az egyik jelzője lehet a talaj savanyodásának, hiszen a fajt a legtöbb szakirodalom mint kimondottan acidofil fajt jellemzi (Hågvar and Abrahamsen 1980, 1984; Ponge 1993). Érdekességként említhető azonban, hogy a hazai vörösiszap-szenyezést követően Winkler és Erdő (2012) erősen lúgos (pH>9) talajban is gyűjtötte ezt a fajt, amely így a talaj kémhatását tekintve jóval toleránsabb, mint ahogy eddig feltételezték (Gillet és Ponge 2004).

A vizsgálati területen a Collembola-abundancia a nyíresben és az elegyes erdőben volt magasabb, azonban ez nem mindig törvényszerű. Norvégiában Fjellberg és mtsai (2007) korábbi nyíres helyén ültetett luc- és szitka lucfenyves állományokban jelentős abundancianövekedést detektáltak a nyíres kontrollterületekhez

képest. A magasabb ugróvillás-sűrűség okát a fenyőtűavar szerkezetében vélték felfedezni, amely levegősebb életteret biztosít számos fajnak, emellett kiegyenlítettebb talajhőmérsékleti és talajnedvességi viszonyokat is eredményezhet.

A közösségek közötti hasonlóság relatív magas értékei azt jelzik, hogy bár vannak a túlevelű és lombos állományokra specifikusan jellemző fajok, a közös fajok aránya meglehetősen nagy a különböző fajfajú állományokban is, ami a boreális régió sajátosága (Huhta és mtsai 2005).

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Arbea, J.I. and Jordana, R. 1985: Efecto de una repoblación con coníferas en un robleal de Navarra sobre los colémbolos edáficos. *Boletim de Sociedade Portuguesa de Entomologia*, Supl. 1(2): 277-286.
- Balogh J. 1958: A talajzoológiai kutatások eredményei és feladatai hazánkban. *A Magyar Tudományos Akadémia Biológiai Csoportjának Közleményei*, 2(1): 79-93.
- Bray, J.R. and Curtis, J.T. 1957: An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Cajander, A.K. 1909: Ueber Waldtypen. *Acta Forestalia Fennica*, 1: 1-175.
- Cajander, A.K. 1925: Metsätyyppteoria. *Acta Forestalia Fennica*, 4: 1-84.
- Cajander, A.K. 1949: Forest types and their significance. *Acta Forestalia Fennica*, 56: 1-71.
- Deharveng, L. 1982: Cle de détermination des genres de Neanurinae (Collembola) d'Europe et la région Méditerranéenne, avec description de deux nouveaux genres. *Travaux du Laboratoire d'Ecologie des Arthropodes Edaphiques*, 3: 7-13.
- Dunger, W. and Voigtländer, K. 2009: Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany – a review. *Soil Organisms*, 81(1): 1–51.
- Elmarsdóttir, A.; Fjellberg, A.; Halldorson, G.; Ingimarsdóttir, M.; Nielsen, O.K.; Nygaard, P.; Oddsdóttir, E.S. and Sigurdsson, B.D. 2008: Effects of afforestation on biodiversity. In: Halldorsson, G.; Oddsdóttir, E.S. and Sigurdsson, B.D. (eds.): AFFORNORD. Effects of afforestation on ecosystems, landscape and rural development. *TemaNord 2008/562*: 37–47.
- Esseen, P.-A.; Ehnström, B.; Ericson, L. and Sjöberg, K. 1997: Boreal forests. *Ecological Bulletins*, 46: 16–47.
- Fjellberg, A. 1980: Identification keys to Norwegian Collembola. *Norsk Entomologisk Forening*, 1–152.
- Fjellberg, A. 1998: The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I.: Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica*, 35: 1–184.
- Fjellberg, A. 2007: Checklist of Nordic Collembola. With notes on habitat preferences and presence/absence in individual countries. 46.18.32.69/~doehetzelf/publicat/collnord.pdf
- Fjellberg, A.; Nygaard, P.H. and Stabbetorp, O.E. 2007: Structural changes in Collembola populations following replanting of birch forest with spruce in North Norway. In Halldorsson, G., Oddsdóttir, E.S. & Eggertsson, O. (eds.): Proceedings from the AFFORNORD conference, Reykholt, Iceland, June 18-22, 2005, *Tema Nord 2007*, p.119–125.
- Frank, J. 1994: Use of broadleaved trees in conifers as a countermeasure to acidification: Effects on soil properties. *Aktuelt fra Skogforsk*, 14: 42–47.
- Gillet, S. and Ponge, J.F. 2004: Are acid-tolerant Collembola able to colonise metal-polluted soil? *Applied Soil Ecology*, 26: 219–231.
- Hågvar, S. 1982: Collembola in Norwegian coniferous forest soils I. Relations to plant communities and soil fertility. *Pedobiologia*, 24: 255–296.
- Hågvar, S. 1983: Collembola in Norwegian coniferous forest soils II. Vertical distribution. *Pedobiologia*, 25: 383–401.
- Hågvar, S. and Abrahamsen, G. 1980: Colonisation by Enchytraeidae, Collembola and Acari in sterile soil samples with adjusted pH levels. *Oikos*, 34: 245–258.
- Hågvar, S. and Abrahamsen, G. 1984: Collembola in Norwegian coniferous forest soils. III. Relations to soil chemistry. *Pedobiologia*, 27: 331–339.
- Hopkin, S.P. 1997: *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. University Press, Oxford.
- Huhta, V. and Ojala, R. 2006: Collembolan communities in deciduous forests of different origin in Finland. *Applied Soil Ecology*, 31: 83–90.



- Huhta, V.; Hyvönen, R.; Kaasalainen, P.; Koskenniemi, A.; Muona, J.; Mäkelä, I.; Sulander, M. and Viikamaa, P. 1986: Soil fauna of Finnish coniferous forests. *Annales Zoologici Fennici*, 23: 345–360.
- Huhta, V.; Rätty, M.; Ahlroth, P.; Hänninen, S.-M.; Mattila, J.; Penttinen, R. and Rintala, T. 2005: Soil fauna of deciduous forests as compared with spruce forests in central Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 81: 52–70.
- Huhta, V.; Siira-Pietikäinen, A.; Penttinen, R. and Rätty, M. 2010: Soil Fauna of Finland: Acarina, Collembola and Enchytraeidae. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 86: 59–82.
- Janssens, F. and Christiansen, K.A. 2011: Class Collembola Lubbock, 1870. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.), *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148: 192–194.
- Jordana, R.; Arbea, J.I. and Carlos Simón, M.J.L. 1997: Collembola, Poduromorpha. *Fauna Iberica*, Vol. 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Krebs, C.J. 1978: *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco, USA
- Loksa, I. 1978: Mikrohabitate und ihre Bedeutung für die Verteilung der Collembolen-gemeinschaften in einem Hainbuchen-Eichenbestand. *Opuscula Zoologica*, 16: 87–96.
- Patil, G.P. and Taillie, C. 1979: An overview of diversity. 3–27. In: Grassle, J.F.; Patil, G.P.; Smith, W. and Taillie, C. (eds.): *Ecological diversity in Theory and Practice*. International Cooperative Publishing House, Fairland, Maryland, USA
- Persson, T.; Bååth, E.; Clarholm, M.; Lundkvist, H.; Söderström, B. and Sohlenius, B. 1980: Trophic structure, biomass dynamics and carbon metabolism in a Scots pine forest. *Ecological Bulletins*, 3: 419–459.
- Petersen, H. 1980: Population dynamic and metabolic characterization of Collembola species in a beech forest ecosystem. 806–833. In: Dindal, D.L. (ed.): *Proceedings of the VIIth International Colloquium of Soil Zoology*, Syracuse, USA, 1979. EPA.
- Ponge, J.F. 1993: Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems. *Pedobiologia*, 37: 223–244.
- Potapov, M. 2001: Synopses on Palaearctic Collembola: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 73(2): 1–603.
- Rätty, M. and Huhta, V. 2004: Earthworm communities in birch stands with different origin in central Finland. *Pedobiologia*, 48: 283–291.
- Rényi, A. 1961: On mesasure of entropy and information. 547–561. In Neyman, J. (ed.): *Proceedings of the 4th Berkley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. University of California Press, Berkley, USA
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1949: *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, pp. 1–117.
- Simpson, E.H. 1949: Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Tóthmérész B. 1997: *Diverzitási rendezések*. Scientia Kiadó. Budapest.
- Tóthmérész B. 1998: Kvantitatív ökológiai módszerek a skálafüggés vizsgálatára. 145–160. In: Fekete G. (szerk.): *A közönségi ökológia frontvonalai*. Scientia Kiadó. Budapest.
- Tóthmérész, B. 1995: Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science*, 6(2): 283–290.
- Traser Gy. és Csóka Gy. 2001: A mezofauna – Insecta: Collembola – ásothalmi fenyő- és tölgyerdők talajában. *Erdészeti Kutatások*, 90: 231–240.
- Uotila, A. and Kouki, J. 2005: Understorey vegetation in spruce-dominated forests in eastern Finland and Russian Karelia: Successional patterns after anthropogenic and natural disturbances. *Forest Ecology and Management*, 215: 113–137.
- Uotila, A.; Maltamo, M.; Uuttera, J. and Isomäki, A. 2001: Stand structure in semi-natural and managed forests in eastern Finland and Russian Karelia. *Ecological Bulletins*, 49: 149–158.
- Weiner, W.M. 1996: Generic revision of Onychiurinae (Collembola: Onychiuridae) with a cladistic analysis. *Annales de la Société Entomologique de France*, 32: 163–200.
- Winkler D. és Erdő Á. 2012: Talajélet a vörösiszap-szennyezés után. *Erdészeti Lapok*, 147(6): 171–173.
- Winkler D. és Tóth V. 2012: Effects of afforestation with pines on Collembola diversity in the limestone hills of Szárhalom (West Hungary). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 8: 9–20.
- Zimdars, B. and Dunger, W. 1994: Tullbergiinae. In: Dunger, W. (ed.): *Synopses on Palaearctic Collembola*. Vol. 1. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 68(3–4): 1–71.

Érkezett: 2013. április 1.

Közlésre elfogadva: 2013. június 28.