

Talajélet a vörösiszap-szennyezés után

A talajélet jelentősége

A mai fogyasztói társadalomban megszokhattuk, ha valami elromlik, egyszerűen kidobjuk vagy elvisszük javítani. De mi történik, ha valami nem javítható? Mi a helyzet a természeti erőforrásokkal? A talaj hosszú idő alatt keletkezett, pótolhatatlan, értékes természeti kincsünk. Arra a kérdésre, hogy mitől értékes a talaj, egyszerű a válasz: a talaj él! Nemcsak élettelen ásványi komponensek alkotják, hanem baktériumok, gombák, növény- és állatközösségek: összefoglaló nevükön edafon. Az egészséges talajélet nélkülözhetetlen feltétele a talajfauna jelenléte, amely a teljes állatrendszertani spektrumot felöleli a gerincesektől (pl. a közismert vakondok) a férgek keresztlől (pl. földigiliszta) egészen a mikroszkopikus méretű állatokig. Nem túlzás azt állítani, hogy a talajfauna a talaj termőképességének egyik alappillére.

A talaj-mezofaunához tartozó ugróvillásokból (*Collembola*) zavartalan, természetközeli élőhelyeken átlagosan ~1000 példányt találunk minden liter földben. Nagymértékben hozzájárulnak a humuszképződéshez és a növények számára nagy segítséget jelentő mikorrhiza gombák terjesztéséhez, valamint segítik a szerves anyag lebontását és a talaj mineralizációját. Mindemellett a talaj fizikai és kémiai jellemzésére is alkalmasak, sok esetben jobban, mint a laboratóriumi módszerek. Kiváló indikátorai a talajkörnyezeti változásoknak. Kimutatták továbbá, hogy az ugróvillások szoros funkcionális kapcsolatban vannak a talajfauna más csoportjaival, ezért nagy valószínűséggel feltételezhető, hogy ahol jelentős *Collembola* diverzitást találunk, ott élénk a talajélet és gazdag a talajfauna. 2010-ben, a Nemzetközi Biodiverzitás Évében azonban a hazai talajfaunáért is aggódhatott az Európai Unió.

Előzmények

Mint ismeretes, 2010. október 4-én a Veszprém megyei Ajka mellett található timföldgyár vörösiszap-tározójának gátja átszakadt, s a kizúduló, közel 1 millió köbméter jelentős nehézfém-tartalmú lúgos zagy és iszap több mint 1017 ha területet szennyezett be, az ország eddigi legnagyobb ökológiai és környezeti katasztrófáját okozva ezzel. A szennyezés szerteágazó, hosszú távú hatását értékelni ma még nehéz lenne. Talajtani vonatkozásai különös jelentőségűek, hiszen a szétterülő vörösiszap nemcsak a nehézfémek akkumulációjával, hanem erőteljes ellúgosodással is terhelte a talajokat, azok élővilágát, beleértve a *Collembola* faunát is.

Talajfaunisztikai (*Collembola*) vizsgálatok célja és módszere

A vörösiszap-szennyezés hatását a talajfaunára még nem vizsgálták. Joggal merülhet fel bennünk a kérdés, hogy a vörösiszap-szennyezés sújtotta régióban milyen változások álltak be a talajéletben, mutatkoznak-e a regeneráció jelei egy évvel a katasztrófa után? Ez a – sajnálatosan – „szabadtéri kísérlet” adott lehetőséget a hatások és jelenségek vizsgálatára.

A mintaterületeket a Torna-patak mentén, Tüskevár és Somlójenő között fekvő területeken jelöltünk ki, ahol a jellemző talajtípus eredendően savanyú öntéstalaj (pH 5,2-5,8), amely a vörösiszap hatására egy évvel a katasztrófa



Szennyezés által érintett mintaterületek – erdő és rét (Fotó: Erdő Ádám)

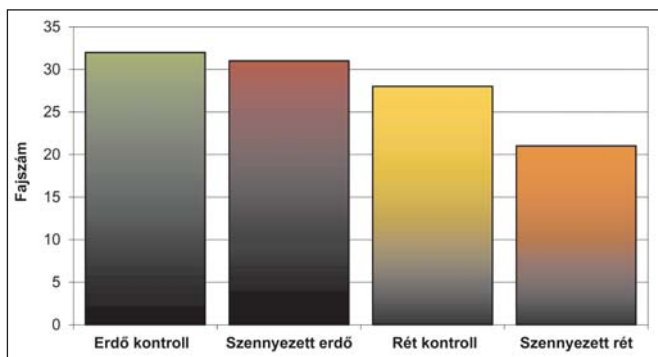
után még mindig erősen lúgos kémhatást mutat (pH 8,80-9,20). A mintavételezést két élőhelytípusban, gyertyános-kocsányos tölgyesekben és kaszálóréteken végeztük. Mindkét élőhelytípusból három-három, a vörösiszap-szennyezés által érintett olyan mintaterületet választottunk, ahol nem történt talajcsere vagy más kezelés, emellett három-három szennyezéstől mentes kontrollterületet is kijelöltünk a vörösiszap talajfaunára gyakorolt hatásának kimutatására. A mintavételezést 2011. augusztusában végeztük, a talajfaunisztikai vizsgálatokhoz összesen 120 db, egyenként 50 cm³ talajmagot vettünk a felső 5 cm-es rétegből. A kiértékelésnél olyan ökológiai mutatókat alkalmaztunk (fajsám, abundancia, diverzitás), amelyek számszerűsítve jellemzik a vizsgált élőhelyek ugróvillás közösségeit, ezáltal közvetve az élőhelyek (erdő-rét, szennyezett-kontroll) is könnyen összehasonlíthatók.

Eredmények

A vizsgálat során összesen 4339 *Collembola* egyedet azonosítottunk. Az előkerült 59 faj 15 családot képvisel.

A fajsám a felmért élőhelyeken 21 és 32 között változott (1. ábra). Legkevésbé fajgazdagnak a szennyezett rét bizonyult, míg a legtöbb faj a kontroll erdei mintaterületekről került elő. Mind az erdei élőhelyek, mind a rétek esetében a szennyezett élőhelyek voltak fajokban szegényebbek, bár a

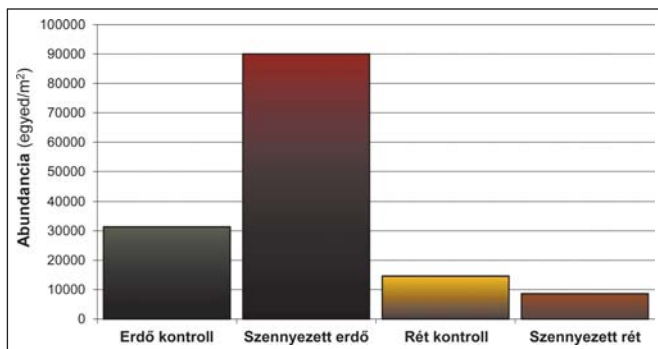
* Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar



1. ábra: Collembola fajszám a kontroll és a vörösiszap-szennyezett területeken

kontroll és a vörösiszap-szennyezett erdők esetében a különbség nem volt olyan számottevő (32 vs. 31), mint a rétek relációjában (28 vs. 21).

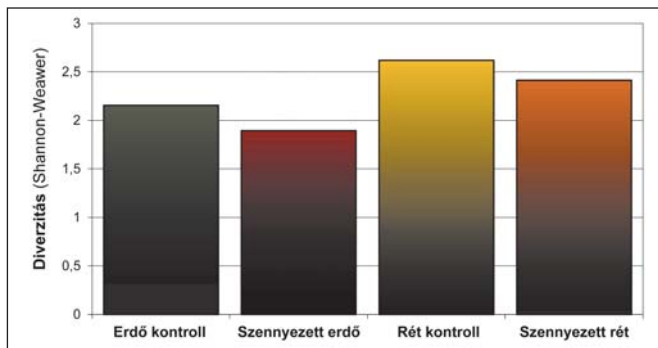
Az abundancia (egyedsűrűség) a vizsgált élőhelyeken rendkívül nagy szórást mutat (2. ábra), de mindenképpen megmutatkozik az erdők jelentősége, hiszen az átlagos ugróvillás-sűrűség az erdei területeken volt nagyobb. A kontroll-szennyezett erdei élőhelypárok esetében rögtön feltűnhet a jelentős különbség: a vörösiszap-szennyezett erdei mintaterületek átlagos *Collembola* abundanciája majdnem 3-szorosra a kontroll erdei területekének, közel 90 000 egyed/m². Ez a jelenség elsősorban 3 faj, az eudomináns *Folsomia manolachei* és *F. quadrioculata*, valamint a *Parisotoma notabilis* jelentős egyedszám-növekedésének köszönhető. A viz-



2. ábra: Collembola abundancia a kontroll- és a vörösiszap-szennyezett területeken

gált rétek esetében is a szennyezett területeken volt kisebb az abundancia, átlagosan a kontrollterületek abundanciájának mintegy 60%-ára esett vissza.

Az ugróvillás közösségek diverzitása (Shannon-Weaver) a kontroll-szennyezett élőhelypárok vonatkozásában mind az erdő, mind a rét esetében a vörösiszap-szennyezett területe-



3. ábra: Collembola diverzitás a kontroll és a vörösiszap-szennyezett területeken

ken volt alacsonyabb (3. ábra). Mivel a kontroll és szennyezett erdő fajgazdagsága közel azonos volt, a szennyezett erdő *Collembola* közösségének alacsonyabb diverzitása elsősorban a már említett *Folsomia* fajok kiugróan magas abundanciájának tudható be. A kontroll és a szennyezett rét abundanciaviszonyai hasonlóak voltak, ebben az esetben a kontrollterület magasabb diverzitása egyértelműen a nagyobb fajszámuknak köszönhető.

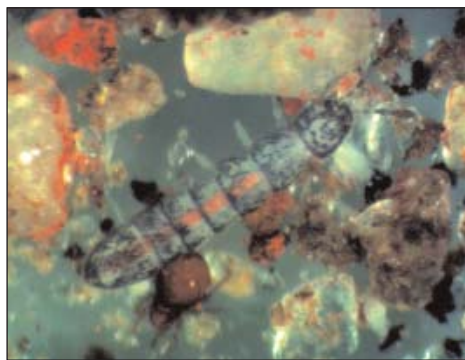
A közösségi szintű elemzés után érdemes kiválasztani ún. teszt- vagy monitoring ugróvillás fajokat, és megvizsgálni, hogyan reagáltak a szennyezés következtében megváltozott körülményekre a vizsgált élőhelyeken, van-e szignifikáns eltérés az abundancia-átlagokat tekintve? Öt alapeletet különítettünk el, ezeket az 1. táblázatban színekkel jelöltük.

Színkód jelmagyarázat

megjelenik
növekszik
nem változik szignifikánsan
csökken
eltűnik

Collembola családok / fajok	Kontroll területek		Szennyezett területek
Hypogastruridae			
<i>Hypogastrura vernalis</i>	1533	→	1667
Neanuridae			
<i>Micranurida pygmaea</i>	0	→	933
Onychiuridae			
<i>Protaphorura gisini</i>	900	→	1233
Tullbergiidae			
<i>Mesaphorura macrochaeta</i>	1633	→	133
Entomobryidae			
<i>Lepidocyrtus cf. serbicus</i>	1267	→	167
<i>Pseudosinella alba</i>	833	→	0
<i>Heteromurus nitidus</i>	233	→	1033
<i>Orchesella flavescens</i>	33	→	900
<i>Orchesella multifasciata</i>	667	→	1800
<i>Orchesella spectabilis</i>	300	→	1533
Isotomidae			
<i>Cryptopygus bipunctatus</i>	4100	→	267
<i>Folsomia candida</i>	0	→	5233
<i>Folsomia manolachei</i>	7667	→	28533
<i>Folsomia quadrioculata</i>	10167	→	30233
<i>Isotomiella minor</i>	600	→	0
<i>Parisotoma notabilis</i>	500	→	7667
Arrhopalitidae			
<i>Arrhopalites caecus</i>	0	→	500
Katiannidae			
<i>Sminthurinus aureus</i>	267	→	0
Sminthurididae			
<i>Sphaeridia pumilis</i>	2033	→	6800
Sminthuridae			
<i>Allaema fusca</i>	167	→	0
<i>Spatulosminthurus flaviceps</i>	500	→	0

1. táblázat: Collembola-fajok abundancia-változása (egyed/m²) a vörösiszap-szennyezés után



Vörösiszappal szennyezett táplálék a gyűjtött ugróvillások (*Folsomia manolachei*, *Arrhopalites caecus*, *Orchesella multifasciata*) bélcsatornájában (a szerzők felvételei)

Az elsődlegesen réteken előforduló *Hypogastrura vernalis* abundanciája nem változott számottevően, a vörösiszap-szennyezett területeken is hasonló egyedszámban találtuk. Érdekes faunisztikai jelenség volt a *Micranurida pygmaea* előfordulása a szennyezett területeken. Ezt a fajt, mint kimondottan acidofil ugróvillást ismertük eddig, így a vörösiszappal szennyezett, erősen lúgos környezetben való előfordulása azt bizonyítja, hogy a talaj pH-értékével szemben kimondottan tág tűrésű, euryök faj. Az euedafikus *Protaphorura* fajok (mint pl. a *P. gisini*) főként a réteken fordultak elő, egyedszámuk, abundanciájuk ugyan mutatott változást, azonban egyik fajnál sem volt szignifikáns az eltérés a kontroll- és a vörösiszap-szennyezett területek között. A *Mesaphorura macrochaeta* a szennyezésre érzékenyen reagált, egyedszáma mindkét élőhelytípusban szignifikánsan csökkent.

Érdekes megvizsgálni az *Entomobryidae* család néhány hemiedaphikus fáját. A *Lepidocyrtus* cf. *serbicus*-t és a *Pseudosinella alba*-t a kontrollerdőben még szép számmal találtuk. A vörösiszap-szennyezett erdőben az előbbi faj egyedszáma szignifikáns csökkenést mutatott, utóbbi teljesen eltűnt. Az erdei mintaterületekre jellemző hemiedaphon *Heteromurus nitidus* és három *Orchesella* faj (*O. flavescens*, *O. multifasciata*, *O. spectabilis*) viszont pont a szennyezett területeken volt gyakoribb. Feltételezhető, hogy ezeknél a felszínen, mohapárnákon, néha fatörzseken mozgó fajoknál a vörösiszap-áradás során a fatörzsek „ökológiai Noé bárka”-ként refugiumot jelentettek több egyednek, és az ár elvonultával ezek képesek voltak rekolonizálni a talajokat.

Az Isotomidae család fajait tekintve szintén tapasztalhatunk érdekes jelenségeket. Az *Isotomiella minor* teljesen eltűnt, a *Cryptopygus bipunctatus* jelentős abundancia-csökkenéssel válaszolt a szennyezés következtében megváltozott körülményekre. A szennyezésre érzékenyebb fajok egyedszámcsökkenése vagy eltűnése által felszabaduló niche általában nem marad betöltetlen, más, a szennyezést jobban toleráló fajok megjelenhetnek, illetve egyedszámuk megnövekedhet. A *Folsomia* fajok közül a *F. candida* a kontroll erdei mintaterületekről nem került elő, a vörösiszap-szennyezett területen viszont már mint szubdomináns faj volt jelen. Az erdei mintaterületek két eudomináns faja, a *F. manolachei* és *F. quadrioculata* már a kontrollterületeken is nagy egyedszámmal fordult elő, a szennyezett területeken abundanciájuk 3-szorosára nőtt. Mindhárom *Folsomia* faj kolonizációs képessége, valamint a nehézfémekkel szembeni toleranciája ismert jelenség. Francia vizsgálatok kimutatták, hogy a *F. manolachei* és *F. quadrioculata* a nehézfémekkel szennyezett, savanyú talajokat jobban benépesítette, mint a nem szennyezett,

neutrális kontrolltalajt. Az említett *Folsomia* komplex fajai egyben a pH-viszonyokkal szemben is nagy toleranciát mutatnak, a szakirodalom elsősorban mint savanyú és neutrális talajokban gyakori fajokat említi. A vörösiszappal szennyezett területen végzett vizsgálataink eredményei azt mutatják, hogy ezek a fajok nagy sűrűséggel népesítik be az erősen lúgos talajokat is. Ennél fogva pH-toleranciájuk alapján rendkívül tág tűrésű (euryök) fajoknak tekinthetjük őket. A *Folsomia* fajok mellett a *Parisetoma notabilis* is jelentős, 15-szörös abundanciával volt jelen a szennyezett erdők talajában.

A gömböc ugróvillások (*Symphyleona*) karakterfajai szintén különbözőképpen reagáltak. Három ritkább, a kontroll-élőhelyen előforduló faj (*Smintburinus aureus*, *Allacma fusca*, *Spatulosmintburus flaviceps*) a szennyezett erdei mintákból teljesen eltűnt. A *Sphaeridia pumilis* egy gyakori, felszín közelben élő, hemiedaphikus faj, amely talajszennyezések esetén olyan stratégiát alkalmaz, hogy kevésbé szennyezett mikro-habitatot választ. Ez oly módon történik, hogy mélyebb térszintekre húzódik és így átmenetileg „euedaphikus-sá” válva vészeli át a kedvezőtlen feltételeket. Feltételezhetően ez történhetett a Torna-patak menti, vörösiszappal szennyezett területeken is. A savanyú erdőtalajokat kerülő *Arrhopalites caecus* a kontroll erdei mintaterületekről nem került elő. A szennyezett erdei területen való előfordulása jelezheti egyrészt azt, hogy a lúgosabb környezet közelebb van a faj pH-optimumához, emellett azt is, hogy a faj toleránsabb a nehézfémekkel szemben is. Ez ellentmondani látszik egyes szakirodalmi adatoknak, miszerint ez az ugróvillás faj a nehézfémekkel szemben érzékeny.

Konklúzió

A vörösiszap, mint komplex szennyezőanyag hatását, amelynek konkrét mérhető talajfizikai és talajkémiai paraméterei is voltak, a *Collembola* közösség fajösszetételének, valamint mennyiségi viszonyainak változásában jelentkező érdekes, sokszor meglepő biológiai válaszok követték.

Amint a felsorolt néhány példa is mutatta, van talajélet a vörösiszap-szennyezés után. Bár a diverzitásban csökkenés volt tapasztalható a kontrollterületekhez képest, a változás nem drasztikus mértékű. Ugyan van néhány olyan faj, amelynek abundanciája csökkent, vagy szélsőséges esetben eltűnt a területről a szennyezést követően, bizakodásra adhat okot, hogy megindulni látszik a szennyezett talajok rekolonizációja, gyorsabban, mint azt gondolhatunk volna.

Vizsgálatainkban egy állapotfelvétel eredményeit tettük közzé, ezért természetesen szükségesnek és fontosnak tartjuk a kijelölt mintaterületek további monitorozását.