

Armadillidium-fajok (Isopoda: Oniscidea) élőhely adaptációjának morfológiai háttere

Csonka Diána^{1*}, Halasy Katalin², Péter Szabó¹,
Mrak Polona³, Štrus Jasna³ és Hornung Erzsébet¹

¹Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai tanszék
1400 Budapest Pf. 2, e-mail: csonka.diana@aotk.szie.hu

²Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Anatómiai és Szöveti tanszék
1400 Budapest Pf. 2

³Department of Biology, Biotechnical faculty, University of Ljubljana
SLO-1111 Ljubljana Večna pot 111

Összefoglaló: A szárazföldi ászkarák morfológiai, fiziológiai és viselkedései adaptációik révén sokféle élőhelyen előfordulhatnak: a nedvestől a szárazig, a természetestől a zavartig. Mint talaj felszínén mozgó, röpképtelen, kisméretű gerincteleneknek igen nagy a helyhűségük. Így megjelenésük, túlélésük az élőhely adottságaitól és a fajok tűrőképességétől függ. Ökológiai jellemzőik (tolerancia viszonyaik) alapján fajaikat minősíthetjük, ami az egyes élőhelyek természetességi megítélésében segítségül szolgál. Vizsgálatainkat az *Armadillidium* nem négy hazai faján (*Armadillidium zenckeri*, *A. nasatum*, *A. versicolor*, *A. vulgare*) végeztük, melyek a földrajzi elterjedésükben található átfedések ellenére élőhelyi skálán jelentősen eltérnek. Az ászkarák túlélésének szempontjából kulcsfontosságú a kiszáradás elleni védekezés. Vízháztartásuk szempontjából fontos tényező a kutikulájuk vastagsága, légzőszervük szerkezete. Kutatásunkban ezek különbségét vizsgáltuk a fajok élőhelyeinek változatossága szempontjából. Fénymikroszkópos vizsgálataink igazolták feltételezésünket: a négy faj karaktereik alapján egyértelműen elkülönül és sorrendbe állítható az élőhelygeneralista, szárazságtűrőbb *A. vulgare* fajtól a specialista, nagy nedvességtartalmat igénylő *A. zenckeri* fajig.

Kulcsszavak: ászkarák, pseudotrachea, kutikula, szárazságtűrés, légzőfelszín.

Bevezetés

A szárazföldi ászkarák (Isopoda: Oniscidea) sikeresen kolonizálták a legtöbb szárazföldi élőhelyet (a tengerpartoktól kezdve a hegyeken át a sivatagokig) (Marikovskij 1969, Warburg 1968). Elterjedésüket morfológiai, fiziológiai és viselkedései adaptációk segítették (Schmalfuss 1984). A szárazföldi ászkarák fontos szerepet töltenek be az életközösségek lebontó alrendszerében (Nair *et al.*

2003), a talajlakó ízeltlábú makrofauna domináns szereplői a mérsékelt régióban (Paoletti & Hassall 1999). Részt vesznek a talajban található szerves törmelék (detritusz) felaprózásában, inokulálásában (Gere 1956, Szlávecz 1992).

Annak ellenére, hogy jól alkalmazkodtak a szárazföldi élethez, nagyon fontos számukra a nedves környezet és a magas páratartalom, valamint a kiszáradással szembeni tűrőképesség. Vízháztartásuk szabályozásában fontos tényező mind a kutikula, mind a légzőszerv („tüdő”= pszeudotrachea= fehérszerv) (Bursell 1955, Hornung 2011). Kutikulájuk két fő részre osztható: az epi- illetve a prokutikulára. Az utóbbit az exo- és endokutikula alkotja. Testfelszínüket sok függelék borítja: érzékszőrök, serték, receptorok, amelyek a nedvességviszonyok érzékelésében is fontosak (Holdich & Lincoln 1974, Price & Holdich, 1980). A légzőszerv felépítése, szerkezeti bonyolultsága összefüggésben van az élőhely nedvességviszonyaival: szárazabb körülmények között a fajok légzőszerve strukturáltabb felépítést mutat (Paoli *et al.* 2002). A fejlettebb, szárazföldi életmódhoz jobban alkalmazkodott fajok, mint pl. a *Porcellio* és *Armadillidium* nem tagjainak fejlett, és fedett fehérszervük van a potrohlábaik külső ágán (Wright & Ting 2006). Az *Armadillidium* nem esetén két pár pszeudotrachea található a potrohlabak külső ágain, amelyek levegőtartalmuk miatt szembetűnő fehér foltként jelennek meg.

Alacsony diszperziós képességük, helyhűségük, eltérő érzékenységük egyes környezeti kulcstényezőkre (pl. nedvességviszonyok, élőhelyszerkezet, zavarás) lehetővé tették a fajok felhasználását természetvédelmi szempontú élőhely-minősítés megalapozására (Hornung *et al.* 2009, Vilisics *et al.* 2007). Az élőhelyek minősítése az ott előforduló ászkarákfajok egyedi, ritkaság alapú indexeinek összesítését és a fajszámok és egyedszámaik figyelembevételével történő standardizálást jelenti (Hornung & Vilisics 2010, Hornung *et al.* 2011).

A Magyarországon eddig kimutatott hat, az *Armadillidium* nembe tartozó faj (Vilisics & Hornung 2010) közül négyet vizsgáltunk: *Armadillidium zenckeri* (Brandt 1833), *Armadillidium nasatum* (Budde-Lund 1885), *Armadillidium versicolor* (Stein 1859), *Armadillidium vulgare* (Latreille 1804), melyek földrajzi elterjedése és élőhely-preferenciája erősen eltér (Schmalfuss 2003, Hornung *et al.* 2008, 2009, Hornung & Vilisics 2010). Az *A. zenckeri* európai elterjedésű faj, de élőhely-specialista: láp típusú élőhelyekhez kötődik. Az *A. nasatum* túlélő populációinak jelenlétét Magyarországon eddig csak üvegházakból sikerült bizonyítani (D- és Ny-Európában őshonos), viszont a globális felmelegedés hatásai miatt elképzelhető, hogy néhány éven belül adaptálódik és meglepszik ter-

mészetes élőhelyeken is. Az *A. versicolor* szűkebb tűréshatárokkal rendelkezik, elterjedése korlátozott, de Közép-Európában általánosan előfordul. Hazánkban elsősorban vízpartok közelében találjuk (pl. a Duna-part mentén, a Balaton partján). A vizsgált fajok közül a legelterjedtebb a kozmopolita *A. vulgare*, amely nagyon változatos élőhelyeken fordul elő a vízpartoktól a száraz füves területekig.

Munkánkban feltételeztük, hogy a vizsgált fajoknak az élőhelyük nedves-ségviszonyaival szembeni igénye, avagy szárazság tűrése tükröződik azok kutikulájának vastagságában, illetve légzőszervük szerkezetének alakulásában. Célnk volt az élőhelyi szintű elterjedést magyarázó háttértényezők és morfológiai adaptációk közti összefüggések feltárása.

Módszerek

A vizsgált egyedek

A kutikula és a légzőszerv jellemzőinek összehasonlítására fajonként 2-2 felnőtt hím egyedet vizsgáltunk. Miután az adult állatok mérete az élőhelyi adottságoktól és a földrajzi régiótól függően változhatnak, a populációk nagyméretű egyedeit választottuk, így kizárva a vizsgálatból a fiatal példányokat. Az vizsgált adult egyedek tömegére vonatkozóan rendelkezünk adatokkal: az *A. zenckeri* példányai 20 és 15 mg-osak, az *A. nasatum* egyedek 35 és 24 mg-osak, az *A. versicolor* két példánya 44 és 38 mg-os, az *A. vulgare* egyedei pedig 161 és 110 mg-osak voltak.

Fénymikroszkópos vizsgálatok

A mikroszkópi preparátumok előkészítését a már korábban kipróbált, leírt módszerrel végeztük (Csonka *et al.* 2011), aminek lényeges lépései: az állatokat 4%-os paraformaldehid oldatban fixáltuk négy napig. Ezután a mintákat mésztelenítettük 8%-os EDTA (etilén-diamin-tetraecetsav) felhasználásával, majd felmenő etilalkoholsorozatban víztelenítettük. A minták ezután xyloba, majd PARAPLAST 1-be kerültek. A szövetblokkok beágyazása PARAPLAST 2-ben történt. A mintákból Reichert 2040 mikrotómmal 7 µm-es sorozatmetszeteket készítettünk. A tárgylemezen lévő metszeteket először rehidratáltuk, majd Weighert-féle hematoxin-eozin-nal megfestettük. Dehidratálás és száradás után digitális fotókat készítettünk Canon axioskoppal.

Számítógépes sztereológiai módszerek

A légzőszerv kvantitatív vizsgálata során a légzőhám felületének méretét hasonlítottuk össze. Ennek vizsgálatához két indexet vezettünk be: a teljes légzőfelszín (A_r) és a légzőfelszín denzitását (D_r). A méréseket mind a négy faj 2-2 egyedének 20 azonos nagyítású (x100) az első pár légzőszervről készült keresztmetszeti képen végeztük a GIMP 2.6 program segítségével. A mérések során a metszeti képen a légzőszerv körbejelölése után a képet szürkeárnyalatossá változtattuk. A kijelölt területen a pixelek számát B_i - vel jelöltük. A küszöbszint beállítása során a légzőszervet alkotó hemolimfa fekete színű, a légzési tér pedig fehér színű lett. A Sobel-féle élkeresés alkalmazásával, annak eredményeként a hemolimfa és a légzési tér is fekete, míg a köztük húzódó légzőhám fehér színben látható. A fehér pixelek számát L_i -vel jelöltük. Az indexeket a következő formulákkal számítottuk ki:

$$A_r = l \sum_{i=1}^N \hat{L}_i \text{ és } D_r = \sum_{i=1}^N \hat{L}_i / \sum_{i=1}^N \hat{B}_i ,$$

ahol l a légzőszerv hosszát jelenti, N pedig a keresztmetszetek számát. Az A_r és D_r értékeit pixelben fejeztük ki.

A kutikula vastagságának összehasonlításához a 7. tergít szelvényen 100-100 mérést végeztünk mind a négy fajnál (2 egyed, 5 keresztmetszeti kép/egyed, 10 mérés/keresztmetszet). Az eredmények értékeléséhez az ImageJ, a MS Excel és az R 2.11.1 programokat használtuk.

A fajok összehasonlításához az alacsony egyedszám miatt az eredmények bemutatásánál leíró statisztikát alkalmaztunk. Így az egyes egyedekre számolt értékek ábrázolhatóak. A kutikula vastagság közti különbségek relevanciájának megítélése céljából egy-utas ANOVA vizsgálatot végeztünk Tukey-féle post-hoc teszttel kiegészítve.

Eredmények

A légzőszerv szerkezete

A négy vizsgált faj légzőszervének morfológiája jelentős eltéréseket mutatott. A külső és belső struktúrák közötti átmenetet a „tüdők” bejárati nyílásai képviselik. A fehérszervet tartalmazó potrohlábakon jellegzetes bemeneti nyílá-

sok (spirákulum) figyelhetők meg. A nyílások környékén a kutikula szerkezete megváltozik, felszíne egyenetlenné válik, és nagyfokú strukturáltságot mutat. A kutikula megvastagodásokkal szegélyezett részeiből több ponton nyílnak a légzőjáratok. Az általunk vizsgált fajok légzőszervén több bemeneti nyílás található (ún. polispirakuláris típus).

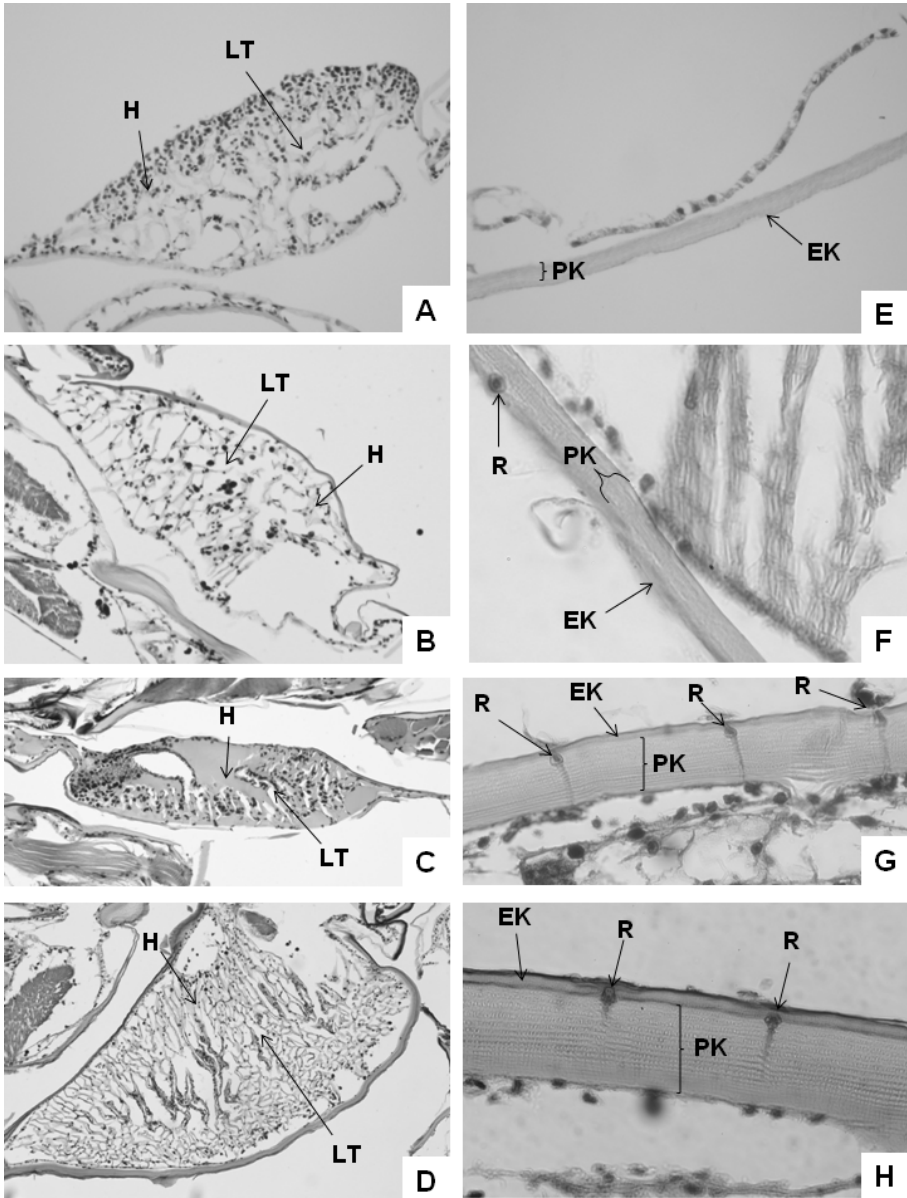
A félvékony metszeteken a pszeudotrachea belső szerkezete jól tanulmányozható. A légzőszervek kvantitatív összehasonlításánál a légzőhám felületének méretét/kiterjedtségét vizsgáltuk, amit eddig az általunk ismert irodalomban még nem használtak.

A metszeti képek alapján a legkevésbé strukturált belső szerkezettel az *A. zenckeri* fehérszerve rendelkezik (1. ábra A). Ennek ellenére itt a hemolimfa nagyon sok alakos elemet tartalmaz. Az *A. nasatum* légzőszerve is egyszerű szerkezetű, sok hasonlóságot mutat az előző fajéval. A tubuláris szerkezetű légjáratokat igen vékony légzőhám választja el a hemolimfától (1. ábra B). Az *A. versicolor* fehérszerve jelentősen különbözik, nagy részét hemolimfa alkotja (1. ábra C). Az *A. vulgare* nagy átmérőjű és rendkívül tagolt belső szerkezetű fehérszervvel rendelkezik. Légutai a legbonyolultabbak a vizsgált fajok közül (1. ábra D).

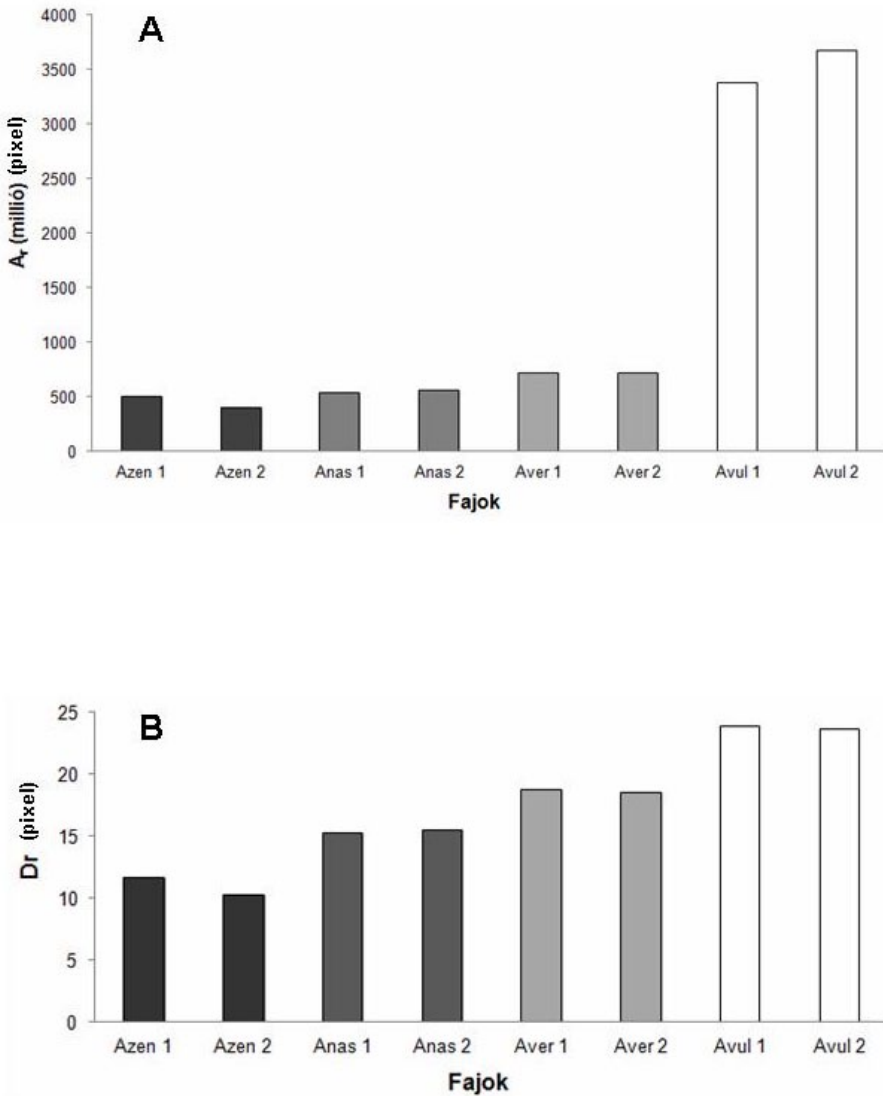
A kvantitatív elemzés eredménye megerősíti a morfológiai vizsgálatok során talált különbségeket. Az *A. zenckeri*-nél a legkisebb a teljes légzőfelszín (A_r) és itt a legalacsonyabb a légzőfelszín sűrűsége (D_r), míg a legmagasabb értékekkel a kozmopolita *A. vulgare* rendelkezik (2. A, B ábra).

A kutikula szerkezete

Akutikula mindegyik faj esetében többrétegű, és a legfelső réteg (epikutikula) strukturáltságban eltér az alatta elhelyezkedő rétegektől (prokutikula) (1. ábra E-H). A fénymikroszkópos felvételeken jól látszanak az állatok testfelszínén található exteroceptorok (1. ábra E-H). Méréseink különbséget mutattak a fajok kutikulájának vastagságában. Az élőhelye páratartalmára legérzékenyebb *A. zenckeri* rendelkezik a legvékonyabb kutikulával, míg a legvastagabb kutikula a legtoleránsabb faj az *A. vulgare* testfelületét borítja. Az *A. nasatum* és az *A. versicolor* esetében a két szélső eset közötti átmenetnek megfelelően a kutikula vastagsága is a két előző között helyezkedik el (1. táblázat). Az ANOVA teszt is kimutatta, hogy a különböző fajú példányokhoz tartozó kutikula vastagság értékek szignifikánsan különböztek ($p < 0.001$), míg az azonos fajhoz tartozó példányok értékei között nem volt szignifikáns különbség (2. táblázat).



1. ábra. A légzőszerv fénymikroszkópos képei (x100): A - *A. zenckeri*, B - *A. nasatum*, C - *A. versicolor*, D - *A. vulgare*. A kutikula fénymikroszkópos képei (x400): E - *A. zenckeri*, F - *A. nasatum*, G - *A. versicolor*, H - *A. vulgare*. LT - légzési tér, H - hemolimfa, EK - epikutikula, PK - prokutikula, R - receptor



2.ábra. A - A fajok teljes légzőfelszíne (A_r pixelben). B - a légzőfelszín denzitása (D_r pixelben). Fajnevek rövidítései: Azen - *Armadillidium zenckeri*; Anas - *A. nasatum*; Aver - *A. versicolor*; Avul - *A. vulgare*

1. táblázat. A vizsgált fajok egyedeinek kutikula vastagsága. (2 egyed/faj, 5 metszet/egyed, 10 mérés/metszet) Azen 1,2: *A. zenckeri*, Anas 1,2: *A. nasatum*, Aver 1,2: *A. versicolor*, Avul: *A. vulgare*. (A szórás az egyeden belüli értékekre vonatkozik.)

Fajok	Átlag (μm)	Szórás
Azen 1	21,42	$\pm 1,20$
Azen 2	20,37	$\pm 1,06$
Anas 1	24,38	$\pm 1,79$
Anas 2	25,09	$\pm 1,58$
Aver 1	66,01	$\pm 2,92$
Aver 2	66,35	$\pm 2,64$
Avul 1	88,01	$\pm 2,40$
Avul 2	87,96	$\pm 2,23$

Értékelés

Vizsgálatunk során négy, hazánkban is előforduló, földrajzi elterjedés és élőhely-preferencia szempontjából eltérő rokon fajt vizsgáltunk az *Armadillidium* nemből (Isopoda: Oniscidea). Feltételezésünk szerint a vizsgált fajok tűrőképessége és kiszáradással szembeni toleranciája tükröződik a kutikula vastagságában, valamint a légzőszerv szerkezetében, ami élőhelytípusok szerinti megjelenésüket, illetve földrajzi elterjedésüket befolyásolja.

Az Eubelidae családon végzett vizsgálat (Paoli *et al.* 2002) kimutatta, hogy a kevésbé bonyolult légzőszervvel (*Atracheodillo*-típus) rendelkező fajok csak a nedves erdőkben képesek túlélni. Ezzel szemben a családba tartozó, struktúráltabb fehérszervvel rendelkező fajok (*Periscyphis*-típus) képesek megélni nagyon száraz körülmények között. Vizsgálatainkban a vártak megfelelően a légzőszervek közül a legbonyolultabbnak a legnagyobb tűrőképességű *A. vulgare* fehérszerve bizonyult. Valószínűleg ez a tény - azaz a légzőfelület jelentős terjedelme - is nagyban hozzájárulhat ahhoz, hogy ez a faj a szélsőségesebb környezeti tényezőket is jól tudja tolerálni, míg a kisebb légzőfelületű, kevésbé bonyolult légzőszervvel rendelkező faj, az *A. zenckeri* csak igen jól meghatározott, specifikus feltételek között képes létezni.

Már Cloudsley-Thompson (1977) bizonyította, hogy az epikutikula víz-

2. táblázat. Fajon belüli és fajok közötti kutikula vastagság különbségek vizsgálatának eredménye (egy-utas ANOVA vizsgálat Tukey-féle post-hoc teszttel kiegészítve). Azen 1,2: *A. zenckeri*, Anas 1,2: *A. nasatum*, Aver 1,2: *A. versicolor*, Avul: *A. vulgare*.

Fajok	t-érték	p-érték
Anas2 - Anas1	1,705	0,684
Aver1 - Anas1	100,237	<0,001
Aver2 - Anas1	98,650	<0,001
Avul1 - Anas1	153,203	<0,001
Avul2 - Anas1	153,094	<0,001
Azen1 - Anas1	-7,131	<0,001
Azen2 - Anas1	-8,801	<0,001
Aver1 - Anas2	98,532	<0,001
Aver2 - Anas2	96,945	<0,001
Avul1 - Anas2	151,498	<0,001
Avul2 - Anas2	151,389	<0,001
Azen1 - Anas2	-8,837	<0,001
Azen2 - Anas2	-10,506	<0,001
Aver2 - Aver1	-1,586	0,758
Avul1 - Aver1	52,966	<0,001
Avul2 - Aver1	52,857	<0,001
Azen1 - Aver1	-107,368	<0,001
Azen2 - Aver1	-109,038	<0,001
Avul1 - Aver2	54,553	<0,001
Avul2 - Aver2	54,444	<0,001
Azen1 - Aver2	-105,782	<0,001
Azen2 - Aver2	-107,451	<0,001
Avul2 - Avul1	-0,109	1,000
Azen1 - Avul1	-160,334	<0,001
Azen2 - Avul1	-162,004	<0,001
Azen1 - Avul2	-160,225	<0,001
Azen2 - Avul2	-161,895	<0,001
Azen2 - Azen1	-1,670	0,707

megtartó képességgel bír. Eredményeink is mutatják, hogy a kutikula vastagsága jól korrelál az adott faj élőhely igényével, ökológiai toleranciájával, azaz, nem véletlen, hogy a kutikula vastagságát a legszárazabb körülményeket is toleráló *A. vulgare* esetében találtuk a legnagyobb, míg a nedvesebb környezethez ragaszkodó fajok (*A. zenckeri*, *A. nasatum*, *A. versicolor*) esetében valószínűsíthető, hogy a testüket borító vékonyabb kutikula is hozzájárulhat ahhoz, hogy nem képesek szárazabb élőhelyen is elterjedni.

Összefoglalva: eredményeink alátámasztják azt a feltételezésünket, hogy az elterjedés, élőhelyválasztás, eltérő környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodás mögött jelentős morfológiai különbségek tapasztalhatók a vizsgált fajok szerkezeti felépítésében.

Irodalomjegyzék

- Bursell, E. (1955): The transpiration of terrestrial Isopods. – *Journal of Experimental Biology* **32**: 238–255.
- Cloudsley-Thompson, J. (1977): The water and temperature relations of woodlice. –Meadowfield Press Ltd., Shildon VI. 84 pp.
- Csonka, D., Halasy, K., Mrak, P., Strus, J. & Hornung, E. (2011): Eco-morphological comparison of three *Armadillidium* species (Crustacea: Oniscidea). – Proceedings of the 8th International Symposium of Terrestrial Isopod Biology (ISTIB) 2011, Bled, Slovenia, 45–46.
- Gere, G. (1956): The examination of the feeding biology and the humificative function of Diplopoda and Isopoda – *Acta Biologica Hungarica* **6**:257–271.
- Holdich, D. & Lincoln, R. (1974): An investigation of the surface of the cuticle and associated sensory structures of the terrestrial isopod, *Porcellio scaber*. – *Journal of Zoology* **172**: 469–482.
- Hornung, E. (2011): Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: Structure, physiology and behavior. – *Terrestrial Arthropod Reviews* **4**: 95–130.
- Hornung, E., Vilisics, F. & Sóllymos, P. (2008): Low alpha and high beta diversity in terrestrial isopod assemblages in the Transdanubian region of Hungary. – In: Zimmer, M., Cheikrouha, C. & Taiti, S. (eds.): Proceedings of the International Symposium of Terrestrial Isopod Biology - ISTIB-7, Shaker Verlag: Aachen, Germany – pp. 1-13. ISBN 0945-0688; 978-3-8322-6418-5
- Hornung, E., Vilisics, F. & Sóllymos, P. (2009): Ászkarák együttesek (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) felhasználhatósága az élőhelyek természetességének minősítésében. – *Természetvédelmi Közlemények* **15**: 381–395.
- Hornung, E. & Vilisics F. (2010): Availability of terrestrial isopods in habitat qualification. – IX. European Congress of Entomology, Budapest, 2010. 22-27. Aug. Book of abstracts, p. 53. – poszter <http://www.ece2010.org/Program.html>
- Hornung, E., Vilisics, F. & Sóllymos, P. (2011): Élőhelyek minősíthetősége ászkarák faunájuk (Isopoda, Oniscidea) összetétele alapján – in: Lengyel, S., Varga, K. & Kosztyi, B. (szerk.) VII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia absztrakt kötete 2011, Debrecen, 117.
- Marikovskij, P. I. (1969): A contribution to the biology of *Hemilepistus rhinoceros*. – *Zoologicheskij Zhurnal* **48**: 677–685.
- Nair, G. A., Chalam, R. V., Mohamed, A. I. & Haeba, M. H. (2003): Cuticular transpiration in woodlice (Isopoda, Oniscidea) inhabiting Benghazi, Libya. – *African Journal of Ecology* **41**: 283–286.

- Paoletti, M. G. & Hassall, M. (1999): Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. – *Agriculture Ecosystems & Environment* **74**: 157–165.
- Paoli, P., Ferrara, F. & Taiti, S. (2002): Morphology and evolution of the respiratory apparatus in the family Eubelidae (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). – *Journal of Morphology* **253**: 272–289.
- Price, J. B. & Holdich, D. M. (1980): The Formation of the epicuticle and associated structures in *Oniscus asellus* (Crustacea, Isopoda). – *Zoomorphologie* **94**: 321–332.
- Schmalfuss, H. (1984): Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. – *Symposia of the Zoological Society of London* **53**: 49–63.
- Schmalfuss, H. (2003): World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). – *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A, Nr. 654*, 341 pp.
- Szlávecz, K. (1992): The role of terrestrial isopods (Isopoda, Oniscidea) in the decomposition of aquatic macrophyte detritus of lake Balaton, Hungary. – *Opuscula Zoologica* **25**: 103–112.
- Vilisics, F., Sólymos, P. & Hornung, E. (2007): Habitat features and associated terrestrial isopod species: a sampling scheme and conservation implications. – In: Tajovsky, K., Schlaghamersky & Pizl, V. (eds.): *Contributions to Soil Zoology in Central Europe 2*. Tisk Josef Posekany, Ceske Budejovice ISBN 978 80 86525 08 2 pp: 195-199.
- Vilisics, F. & Hornung, E. (2010): Újabb adatok Magyarország szárazföldi ászkarák (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) faunájához. – *Állattani Közlemények* **95**: 87–120.
- Warburg, M. R. (1968): Behavioral adaptations of terrestrial isopods. – *Am. Zool.* **8**: 545–559.
- Wright, J. C. & Ting K. (2006): Respiratory physiology of the Oniscidea: Aerobic capacity and the significance of pleopodal lungs. – *Comparative Biochemistry and Physiology A* **145**: 235–244.

The morphological background of the habitat adaptation of *Armadillidium* (Isopoda: Oniscidea) species

Diána Csonka^{1*}, Katalin Halasy², Péter Szabó¹,
Polona Mrak³, Jasna Štrus³ and Elisabeth Hornung¹

¹ *Institute for Biology, Faculty of Veterinary Science, Szent István University, Rottenbiller str. 50, H-1077 Budapest, Hungary*

² *Department of Anatomy and Histology, Faculty of Veterinary Science, Szent István University, István str. 2, H-1078 Budapest, Hungary*

³ *Department of Biology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Večna pot 111, SLO-1111 Ljubljana, Slovenia*

Terrestrial woodlice have adapted to land life by diverse morphological, physiological and behavioural changes. Woodlice species exhibit a large variety in this respect, their preferences ranging from moist to dry habitats and from rural to anthropogenic, which also determine their geographical distributions in turn. As they are small, ground-dwelling macroinvertebrates with low dispersal ability, their geographical distribution is highly dependent on appropriate ecological conditions. So their occurrence and survival depends on the capabilities of the habitats and the tolerance of the species. We can classify them by their ecological parameters (tolerance spectrum), which can help us to deem the naturalness of the habitats. We have studied four species belonging to the *Armadillidium* genus- (*A. zenckeri*, *A. nasatum*, *A. versicolor*, *A. vulgare*), which occur in different habitats in Hungary. Wet litter/soil conditions and high relative humidity are the key factors for their survival. We have investigated the structure of pleopodal lungs and thickness of cuticle, which are very important in determining protection from desiccation. Our light microscopy and stereology studies supported our hypothesis: the four species can be differentiated by their lungs' structure and cuticle thickness. The generalist *A. vulgare* has the most complex pleopodal lungs and thickest cuticle, and the *A. zenckeri*, which only occurs in wetlands in Hungary, has the simplest lungs and thinnest cuticle.

Keywords: woodlice, pleopodal lung, cuticle, drought tolerance, respiratory surface.