

A féreghajtószerként használt ivermektin hatása a talajban élő, nem célszervezet ászkarák (*Porcellio scaber*) táplálkozási aktivitására és növekedésére

DÉNES ESZTER, KISS LOLA VIRÁG, NAGY PÉTER ISTVÁN és SERES ANIKÓ*

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Állattani és Ökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

*E-mail: seres.aniko@uni-mate.hu

Kivonat. Az intenzív mezőgazdasági termelés érdekében elengedhetetlen az állatorvosi készítmények használata. A legelőre kihajtott, gyógyszerrel kezelt haszonállatok azonban ürítik magukból a felhasznált gyógyszerek maradványait, nem kívánt hatást kifejtve a talajhoz kötődő közösségek tagjaira, például a lebontó ászkarákokra (Isopoda, Oniscidea) is. Az érdes pinceászka (*Porcellio scaber* LATREILLE, 1804) táplálkozási aktivitását és növekedését vizsgáltuk ivermektin féreghajtószerrel szennyezett táplálék esetében. A kísérlet során hat különböző kezelést állítottunk be, mindegyiket öt ismételtsében, az állatokat egyedileg tartva: kontroll, oldószeres kontroll (DMSO) illetve 1, 10, 100 és 500 µg/l (liter) dózisú ivermektin-oldat. Táplálékként az oldatokkal átitatott mezei juhar (*Acer campestre*) leveleket kínáltunk. A kísérletben az ivermektin-koncentrációnak az ászkák növekedésére és az ürülékszámra is szignifikáns negatív hatása volt. A tömegváltozás és az ürülékszám között erős pozitív korrelációt találtunk (Pearson korreláció együttható: 0,83). A tömegváltozás és az ürülékszám esetében az 500 µg/l koncentráció szignifikánsan különbözött a többi csoporttól. A 100 µg/l-es csoportban is szignifikánsan kisebb ürülékszámot mértünk, mint az oldószeres kontrollcsoportban. A környezetben reálisan előforduló ivermektin mennyisége az általunk használt dózisok közül a két legalacsonyabb, 1 és 10 µg/l koncentrációhoz közelít, melyek nem eredményeztek szignifikáns negatív hatást a növekedésre és az ürülékszámra. Összegzésként elmondható, hogy vizsgálatunk eredményei alapján az ivermektin táplálékon keresztüli expozíció esetében nem jelent számottevő környezeti fenyegetést az ászkarákok táplálkozási aktivitására és növekedésére a jelenlegi környezeti koncentrációkkal számolva.

Kulcsszavak: talaj-ökotoxikológia, ökoszisztéma-szolgáltatás, makrolebontó, mellékhatás, szennyezett táplálék

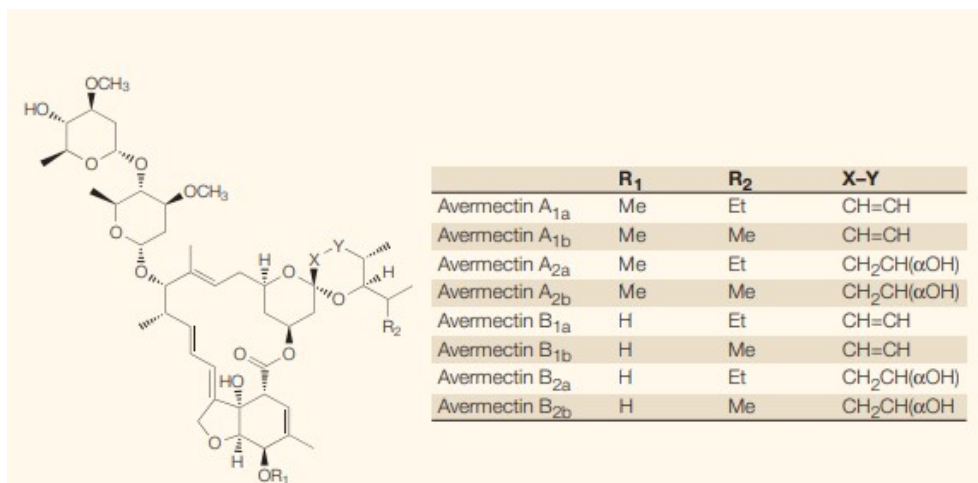
Elfogadva: 2025.08.15.

Elektronikusan megjelent: 2025.09.08.

Irodalmi áttekintés

Ivermektin

Az avermektinek olyan parazitaellenes szerekből álló anyagok, amelyeket kizárólag a *Streptomyces avermitilis* baktériumfaj termel (BURG *et al.* 1979, EGERTON *et al.* 1979). Bár antibakteriális és gombaölő tulajdonságokkal nem rendelkeznek, rendkívül erős fég-hajtó hatásúak, ivermektinné módosítva pedig még hatékonyabbak (CHABALA *et al.* 1980). Az ivermektin fég-hajtószer múltja több mint 50 évre nyúlik vissza, ugyanis 1972–1973 között kezdődtek el azok a kutatások Japánban, melyeknek eredményeként 1979-ben először publikálták az avermektinnek és származékainak hatását a témában (BURG *et al.* 1979, EGERTON *et al.* 1979). Felfedezése óta az egyik legsikeresebb gyógyszer állatorvosi területeken, nemzetközi összefogásoknak köszönhetően pedig két globális betegség visszaszorításának lett az eszköze, így több millió rászoruló embert segítve a Földön (ŌMURA & CRUMP 2004). A fiziológiai és orvostani Nobel-díjat 2015-ben megosztva kapta WILLIAM C. CAMPBELL és SATOSHI ŌMURA a módszereikért, melyekkel a Föld szegény régióiban segítették bizonyos fonálférgek okozta parazitás megbetegedések csökkentését. Vizsgálataik az ivermektinnel a folyami vakság és az elefantiázis ellen a betegségek kiemelkedően hatékony kezeléséhez, majd több területen eltűnésükhöz vezetett (THYLEFORS 2004). Az avermektinek makrociklusos laktonokból és *S. avermitilis* fermentálásával kinyert avermektinvegyületekből álló együttesek. Különböző csoportok hozzáadása az R₁, R₂, X és Y helyekhez nyolc különböző avermektin vegyületet eredményezett (1. ábra). A Wilkinson-katalizátorral felbontott kötések a B_{1a} és a B_{1b}-ben hatásosabb és (emlősökre nézve) biztonságosabb B₁ komplexumot (22,23-dihydroavermectin B₁) hoznak létre (ŌMURA & CRUMP 2004). Ezt nevezték el ivermektinnek, amely egy általános és egységes név, és amivel könnyen be tudták vezetni a piacra (CHABALA *et al.* 1980).



1. ábra: Az avermektinek szerkezete. Különböző csoportok hozzáadása révén az R₁, R₂, X és Y helyekhez nyolc különböző avermektin vegyületet hoznak létre (Ömura és Crump, 2004).

Figure 1. Chemical structure of avermectins. Substitutions at the R₁, R₂, X, and Y positions give rise to eight different avermectin compounds (Ömura and Crump, 2004).

Ászkarák

Talajlakó szervezetként a szárazföldi ászkarákok fontos, lebontó szerepet töltenek be az életközösségekben. Magyarországon eddig 59 faj előfordulása bizonyított (VILISICS & HORNUNG 2010). Szaprofita életmódjukkal szerves anyagokat, leginkább avart, korhadó gallyakat és egyéb holt növényi hulladékot dekomponálnak (OTÁRTICS *et al.* 2014). Speciális szervük a hepatopancreas, ami fontos szerepet játszik a különböző szennyezőanyagok felhalmozással történő hatástalanításában (HORNUNG *et al.* 1998).

FARKAS & VILISICS (2013) *Magyarország szárazföldi ászkarák faunájának határozoja* című kiadványában részletes megjelenési ismertetőt olvashatunk a *Porcellio scaber* LATREILLE, 1804, vagyis az érdes pinceászka fajról, mellyel a kísérletek során dolgoztunk (2. ábra). A 10–15 mm nagyságú állatok egyöntetű szürke, barna és narancsszínű árnyalatokban fordulnak elő. Halvány mintázat, illetve a többi *Porcellio* fajnál sokkal durvább és érdekesebb testfelület jellemző rájuk, amiről a faj a nevét is kapta és a képen is jól látható. Hogyha veszélyben vagy zavarva érzik magukat, védekezésül testüket begörbítik, vagy futva menekülnek, illetve repedésekbe bújnak a fenyegetés elől. Gyakori faj hazánkban, de természetes életközösségekben nem fordul elő. Szinanthróp, emberközeli élőhelyeket kedvel, a nagyon bolygatott, nagyforgalmú városi környezetben sokszor az egyetlen előforduló ászkafaj. Világszerte elterjedt, TANAKA & UDAGAWA (1993) vizsgálatai szerint a fagypon alatti hőmérsékletet is elviseli, a testfolyadékának fagyáspontja körülbelül -7 °C. Könnyű laboratóriumi tenyésztése és széles elterjedése miatt világszerte használt modellfaja az ökotoxikológiai vizsgálatoknak (HORNUNG *et al.* 1998).



2. ábra: Érdes pinceászka (*Porcellio scaber*). (Fotó: UJVÁRI ZSOLT)

Figure 2. The common rough woodlouse (*Porcellio scaber*). (Photo: ZSOLT UJVÁRI)

Ökotoxikológiai vizsgálatok

Az állatgyógyászatban használt szerek legnagyobb csoportját a féreghajtószeres teszik ki (MCKELLAR & JACKSON 2004). Az állatorvosi készítmények használatának környezeti hatásvizsgálata fontos aspektusa a 21. század fenntartható állattenyésztésének. Az alkalmazott szerek után kiürülő maradványanyagok hatással vannak más szervezetre is, a féreghajtószerrel kezelt juh, sertés és szarvasmarha egyedek elsősorban ürülékkel, illetve vizelettel juttatják a környezetükbe az anyagokat (HALLING-SØRENSEN *et al.* 2001). HALLEY és munkatársai (1989) megállapították, hogy a kezelés módjától függetlenül az ivermektin a juhokból több, mint 98%-os arányban távozik az ürülékkel. RÖMBKE és munkatársai (2010) terepi méréseik alapján az ivermektinnel szennyezett ürülék sokkal inkább hatással van az ürülékben lakó és ürüléklebontó faunára (ganéjtúrók, trágyalegyek), mint egyéb talajlakó szervezetekre (pl.: ugróvillások, atkák, holyvák). Ugyanebben a vizsgálatban megállapították, hogy a trágyában a 3. és 4. napon a legmagasabb az ivermektin koncentrációja, amelynek értéke 0,31 és 0,81 mg/kg közé esik. A kiürülő ivermektin toxikus a nem célszervezet ürüléklakó rovarcsaládokra, ezzel hozható összefüggésbe az is, hogy a szer jelenléte negatívan hat a trágya szerves anyagainak lebomlására a talajban (SOMMER *et al.* 2002). A talajban élő szervezetek számára az ivermektin biológiai úton alacsony mértékben hozzáférhető, azonban ez az érték növekedhet más expozíciós és felszívódási utak mentén.

Az ászkarákat gyakran használják ökológiai és ökotoxikológiai vizsgálatokra gyakori jelenlétük, könnyű kezelhetőségük miatt. Lebontó szervezetként kifejezetten ideálisak a táplálékuk, illetve környezetük szennyeződéseinek kimutatására. Emberhez közeli, városi életmódjukból kifolyólag legtöbbször nehézfémek jelenlétének, felhalmozódásának vizsgálatára alkalmaznak ászkákat, de talajlakó állatokként a talaj általános szennyezettségének indikátorfajai is lehetnek (DROBNE 1997, ZÖDL & WITTMANN 2003, GÁL *et al.* 2008). FISCHER és munkatársai (1997) a dimetoát nevű peszticid *P. scaber* egyedeken történt vizsgálata során megállapították, hogy 75 mg/kg koncentrációjú szer táplálékkal történő felvétele nem eredményezett mérhető növekedéscsökkenést, míg kisebb (17,5 mg/kg) mennyiségű vegyszer LUFA 2.2 talajba keverve 50%-kal csökkentette az ászkák növekedését. Ez annak lehet a következménye, hogy az ászkák kutikuláján keresztül könnyebben bejut a dimetoát, mint a rovarokén, illetve a talajnak és a nedvességnek való szinte folyamatos kitettségük miatt jobban befolyásolja azokat a szennyezettség. GOSPODAREK és munkatársai (2018) petróleumszármazékokkal (benzin, dízel és használt motorolaj) kezelt talaj hatásait vizsgálták *Porcellio scaber* egyedeken, a táplálék szennyezése nélkül. Eredményeik alapján az érdes pinceászák kifejezetten ellenállónak bizonyultak ezekre az anyagokra. Számos vizsgálatot ismerünk az érdes pinceászák különböző nehézfémekre pl. cinkre (Zn) való érzékenységet illetően (JONES & HOPKIN 1998, DONKER 1992, Donker *et al.* 1993). KOLAR és munkatársai (2010) egy, az ivermektinhez hasonlóan főrehajtószerként használt avermektin-származék, az abamektin toxikológiai hatásait vizsgálták, tesztorganizetként *P. scaber* egyedeket használva. Kísérleteikben sok szempont alapján jegyezték fel az abamektin hatásait: az egyedek túlélése, táplálkozási aktivitása, tömegváltozása, emésztőmirigyeik működése, illetve a szer bioakkumulációja is végpontként szolgált. Megállapításaik szerint a talaj abamektin-koncentrációjának növelésével csökkent az ászkák testtömege, a táplálkozás mértéke, emésztőmirigy-sejtjeik membránjának stabilitása és viselkedésbeli különbségeket is feljegyeztek. Az abamektin hatására izombénulás és bizonyos anyagcsere-változások mehetnek végbe az ászkák testében, melynek hatására csökken az állatok ásó tevékenysége.

Kutatásunk során érdes pinceászák (*Porcellio scaber*) segítségével vizsgáltuk, hogy az ivermektinnel különböző koncentrációkban szennyezett táplálék elfogyasztása milyen hatással van az egyedek táplálkozási aktivitására és testtömegére.

Vizsgálatunkban az alábbi kérdéseket kívántuk megválaszolni:

- Befolyásolja-e az érdes pinceászák testtömegének változását az ivermektinnel kezelt táplálék fogyasztása?
- Koncentrációfüggő-e az egyedek ürítésének a mennyisége?
- Mutatnak-e táplálkozási aktivitásukban, azaz az elfogyasztott táplálék mennyiségében, eltérést a magasabb koncentrációknak kitett példányok?

Anyag és módszer

Kísérleti állatok

Vizsgálatainkat érdes pinceászka (*Porcellio scaber* LATREILLE, 1804) egyedeken végeztük. A törzstenyészetet a vizsgálatok megkezdése előtt egy szellőzőlyukakkal ellátott műanyag dobozban állítottuk be, aljzatnak általános virágföldet használtunk, az állatok száraz levelekből álló keveréket kaptak táplálékként, amelynek fő összetevői a juharlevelű platán (*Platanus × acerifolia*) és a mezei juhar (*Acer campestre*) voltak (PETRIKOVSZKI *et al.* 2025). A doboz páratartalmát esetenként víz permetezésével tartottuk fenn. A tenyészet, illetve később a vizsgálati edények is szobahőmérsékleten, árnyékos, direkt napfénytől védett helyen kerültek elhelyezésre.

Felhasznált anyagok

Vizsgálataink során a „Thermo Fisher Scientific” által gyártott ivermektin ($C_{48}H_{74}O_{14}$ (22,23-dihydroavermectin B_{1a})) -oldatot használtunk különböző koncentrációkban. A tisztított vegyszert 0,5%-os dimetil-szulfoxid (DMSO)-ban oldottuk fel. Először egy 2000 µg/l (liter) nominális koncentrációjú törzsoldatot készítettünk a következő módon: 0,25 ml tömény DMSO-ba beoldottunk 0,1 g (100 mg) ivermektint, amihez 49,75 ml vizet adtunk utána. Ebből egy hígítási sort hoztunk létre és 200, 20 és 2 µg/l koncentrációjú oldatokat készítettünk. Az elkészített oldatokat fagyasztóban -20 °C-on tároltuk a felhasználásig. Ezeket a 2, 20, 200, 2000 µg/l koncentrációjú oldatokat közvetlenül felhasználás előtt milliQ vízzel hígítottuk 1, 10, 100, 500 µg/l töménységre. Az oldatokat felhasználás előtt 20 percig ultrahangos szonikátorba helyeztük (75% és 25 °C) az oldatok homogenizálása érdekében. A végső kezelések így a következők voltak: kontroll (K), oldószeres kontroll (DMSO), 1,10, 100 és 500 µg/l ivermektin oldat.

A kísérlet menetének ismertetése

Kísérletünket 30 állaton végeztük (5 ismétlés, 6 koncentráció), legmagasabb koncentrációként pedig 1000 µg/l helyett 500 µg/l koncentrációt használtunk, mivel az előkísérletben a magasabb koncentráció (1000 µg/l) már az állatok pusztulását okozta. Célunk szubletális dózisok alkalmazása volt, hogy az állatok növekedését és táplálékfogyasztását tudjuk figyelemmel kísérni. Harminc műanyag Petri-csésze alját kiöntöttük modell gipszszel, a lehető legvékonyabb rétegben, ami így elfogyaszthatatlan, megrághatatlan nedvességmegtartó alapként funkcionált. Az első alkalommal 1000 µl csapvízzel nedvesítettük ezt a felületet. Ezt a mennyiségű vizet a gipsz magába szívta és ideálisan nedves körülményeket biztosított az ászkák számára. A gipsz alapokat hetente egyszer 500 µl vízzel újra nedvesítettük. Minden Petri-csészébe egységesen 0,1 g száraz mezei juhar (*Acer campestre*) levelet vágunk, melyeknek a felszínén ecsettel eloszlattuk a kontroll esetében a vizet és a DMSO-t, valamint az ivermektin oldat alkalmazott koncentrációit. A leveleket hagytuk egy kicsit állni, hogy felszívódjon a vegyszer és ne folyjon le róla. Ezt követően 30 mg és 40 mg közötti testtömegű ászkaegyedeket válogattunk a tenyészetből, melyek tömegét a Petri-csészékbe helyezéskor feljegyeztük. A Petri-csészéket parafilmmel zártuk le, amely a levegő számára átjárható, de a nedvességet az edények belsejében tartotta. Az egyedek tömegének mérését,

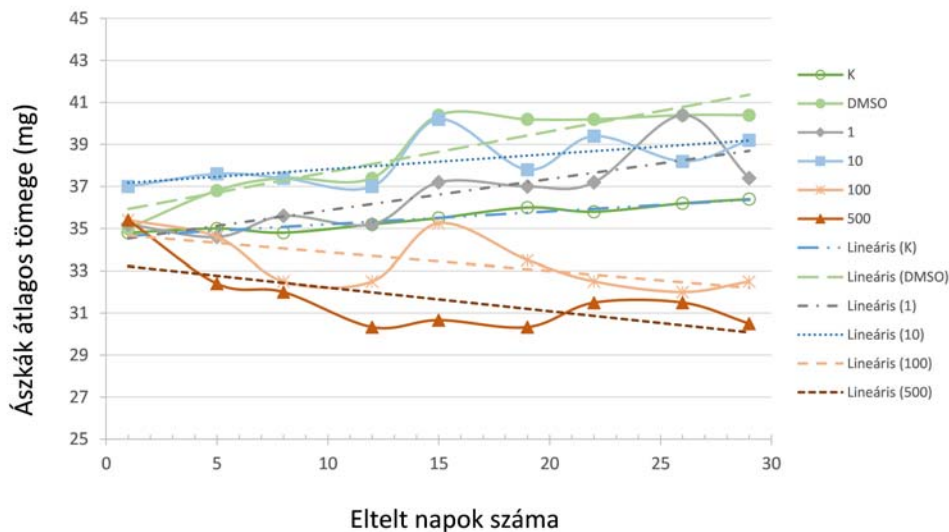
illetve az ürülékszámítást minden héten hétfőn és csütörtökön végeztük, így hetente kétszer, 3- és 4-naponta kerültek leírásra az adatok. A tömegmérés során három tizedesjegy pontossággal mértük az állatok egyedi tömegét analitikai mérlegen. Az ürülékszámítás során az ürülékdarabokat minden esetben kivétel nélkül eltávolítottuk egy ecset segítségével, a pontos adatok lejegyzése és a szennyeződések elkerülése érdekében. A vizsgálat 29 napig, 9 mérési alkalomig tartott.

Statisztikai értékelés

A mérések során kapott adatokat Microsoft Excel táblázatban vezettük, majd az átlagok és szórások meghatározása után diagramokon ábráztuk. Az egyes változók közötti összefüggés megállapítására Pearson-korrelációt végeztünk a Microsoft Excel program segítségével. A többi statisztikai tesztet az R program segítségével hajtottuk végre (R CORE TEAM 2023). Az alkalmassági feltételek ellenőrzése után egyutas ANOVA-tesztet alkalmaztunk, hogy megtudjuk, hogy a magyarázó változónk (ivermektin-koncentráció) szignifikánsan hatott-e a függő változóinkra (levélfogyás, tömegnövekedés, ürülékszám). Amennyiben szignifikáns fő hatást kaptunk, Tukey post-hoc teszt segítségével állapítottuk meg azt, hogy az egyes koncentrációk melyik másiktól mutatnak eltérést.

Eredmények

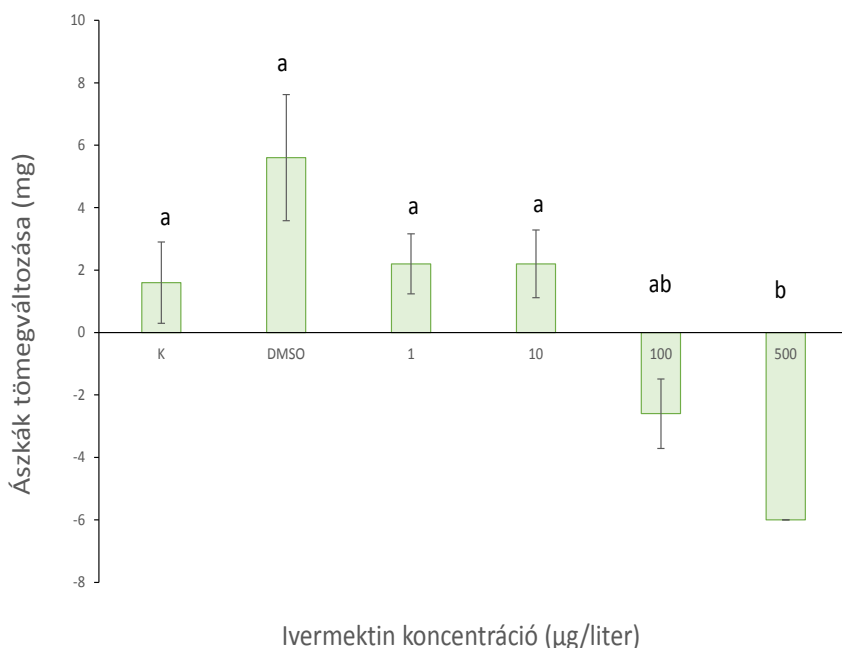
Az ászkák növekedése nem volt lineáris (3. ábra), előfordultak benne hullámzások, kissé kiugró értékek. Ezek feltehetően a páratartalom változásával, illetve az ászkák növekedésének és vedlésének ciklusával magyarázhatóak, hiszen ezek a tényezők is befolyásolhatják az elfogyasztott táplálék mennyiségét, ezáltal a testtömeget. Ebből kifolyólag a pontosan ábrázolt átlagos testtömegadatok mellett ábráztunk egy-egy lineáris tendenciát mutató szaggatott trendvonalat minden kísérleti csoport esetében, hogy szemléltessük a változás irányát. Ez alapján látszik, hogy a két legmagasabb koncentráció, a 100 és 500 $\mu\text{g/l}$ esetében ez a vonal csökkenést, míg a kontrolcsoportok és a két alacsonyabb, 1 és 10 $\mu\text{g/l}$ dózisok esetében emelkedő tendenciát mutat.



3. ábra: Az ászkák koncentrációnkénti átlagtömege milligrammban ábrázolva az eltelt napok függvényében (5 ismételtes átlaga) K: kontroll, DMSO: oldószeres kontroll, 1: 1 µg/l, 10: 10 µg/l, 100: 100 µg/l, 500: 500 µg/l.

Figure 3. Average isopod body weight (mg) at each ivermectin concentration over the course of the experiment (days) (mean, n = 5). K: control; DMSO: solvent control; 1: 1 µg/L; 10: 10 µg/L; 100: 100 µg/L; 500: 500 µg/L.

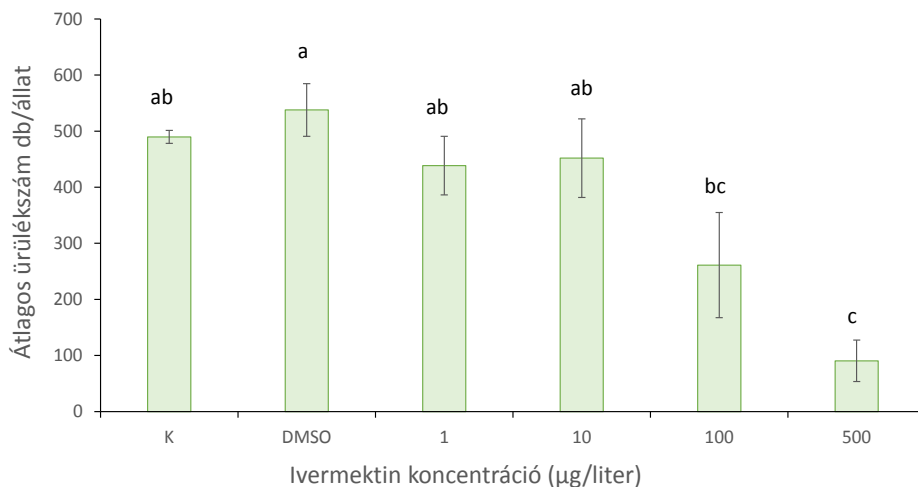
Az ANOVA eredménye azt mutatta, hogy az ivermectin-kezelésnek szignifikáns hatása volt ($F = 6,2$, $p < 0,001$) az ászkák kísérlet alatti teljes tömegváltozására (4. ábra). A Tukey post-hoc teszt eredménye szerint az 500 µg/l koncentrációhoz tartozó érték szignifikánsan különbözött a kontroll (K), az oldószeres kontroll (DMSO), 1 és 10 µg/l koncentrációk értékeitől.



4. ábra: Az ászkák tömegének változása a kísérlet teljes időtartama alatt, a különböző koncentrációjú ivermectin-kezelések mellett (5 ismétlés átlaga $\pm$ SD). K: kontroll, DMSO: oldószeres kontroll. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelentenek ($p < 0,05$).

Figure 4. Changes in isopod body weight throughout the experiment under different ivermectin concentrations (mean $\pm$ SD, $n = 5$). K: control; DMSO: solvent control. Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

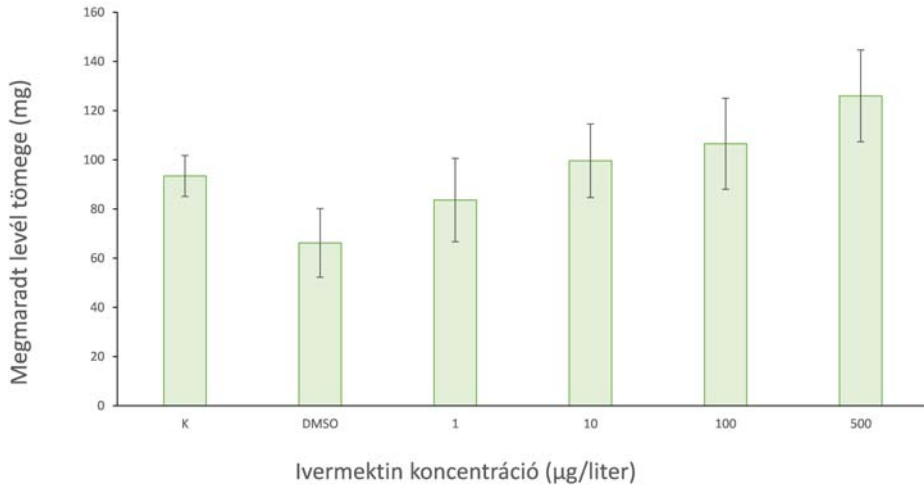
Az ANOVA eredményeként azt kaptuk, hogy az ivermectin-kezeléseknek szignifikáns hatása volt a kumulatív ürülékszámra (5. ábra) ($F = 7,5$, $p < 0,001$). A Tukey post-hoc teszt alapján az 500 µg/l koncentrációval kezelt csoport értéke szignifikánsan eltért a K, DMSO, 1 és 10 µg/l koncentrációkétól, valamint a 100 µg/l-es csoport is szignifikánsan tért el az oldószeres (DMSO) kontrollcsoporttól.



5. ábra: A kísérlet teljes időtartama alatt számolt átlagos ászkaürülékszám a különböző koncentrációjú ivermectin-kezelések mellett (5 ismétlés átlaga ± SD). K: kontroll, DMSO: oldószeres kontroll. A különböző betűk statisztikailag szignifikáns különbséget jelentenek ($p < 0,05$).

Figure 5. Average number of isopod faecal pellets recorded during the experiment under different ivermectin concentrations (mean ± SD, $n = 5$). K: control; DMSO: solvent control. Different letters indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

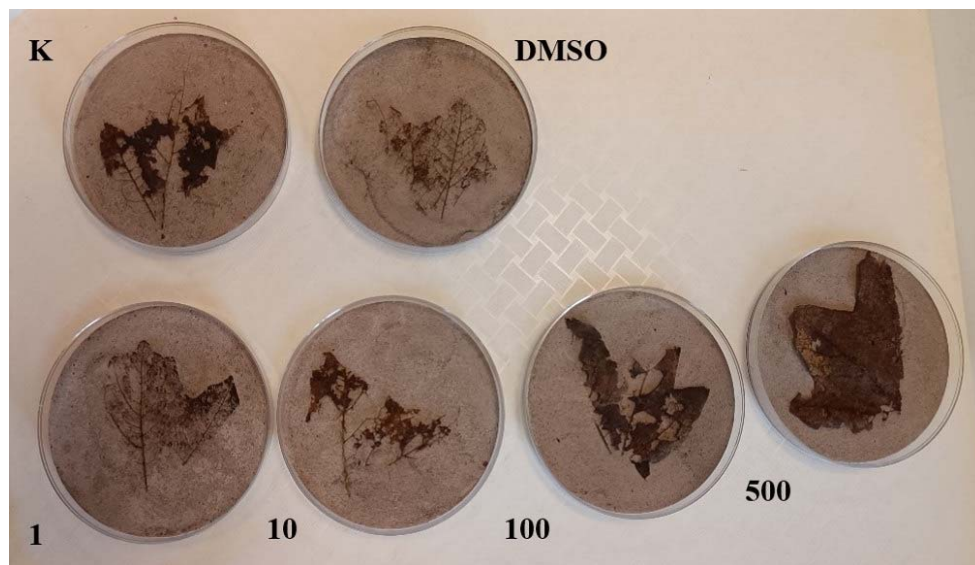
A 29 napos kísérletünk befejeztével lemértük az ivermectinnel kezelt és az ászkák által el nem fogyasztott levelek tömegét. A megmaradt levéltömeg esetében nem találtunk az ANOVA-val statisztikailag igazolható különbséget az ivermectin-kezelések hatására (6. ábra). Ennek ellenére a 6. ábráról leolvasható, hogy átlagban az oldószeres kontrollból (DMSO) maradt a legkevesebb táplálék, míg a 10, 100 és 500 µg/l koncentrációk esetében mindkét kontrollcsoportnál magasabb megmaradt levél átlagtömeget jegyeztünk fel.



6. ábra: A kísérlet végén megmaradt, az ászkarakoknak táplálékként szolgáló, ivermektinnel kezelt mezei juharlevelek átlagtömege koncentrációnként (5 ismételés átlaga $\pm$ SD). K: kontroll, DMSO: oldószeres kontroll.

Figure 6. Average weight of ivermectin-treated field maple leaves remaining at the end of the experiment, provided as food for isopods (mean $\pm$ SD, $n = 5$). K: control; DMSO: solvent control.

A 7. ábrán látszik, hogy – bár a levéltömegek átlagolva nem mutattak statisztikailag szignifikáns eltérést egymástól – a különböző csoportoknak egy-egy képviselőjét kiemelve látványos különbségeket találhatunk az elfogyasztott levél mennyiségében. A három függő változó között (ászák tömegének változása, ürülékszám, maradék levéltömeg) páronként Pearson-korrelációt végeztünk. A legerősebb lineáris pozitív összefüggést a tömegváltozás és az ürülékszám között találtuk (Pearson-korreláció együttható: 0,83). A tömegváltozás és a maradék levéltömeg között mérsékelt negatív összefüggés volt kimutatható (-0,48), hasonló eredményt kaptunk az ürülékszám és a maradék levéltömeg között (-0,57).



7. ábra: A kísérlet befejezése után megmaradt mezeijuhar-levelek képe, különböző ivermectin-koncentrációk (1, 10, 100, 500 µg/l) esetében. K: kontroll, DMSO: oldószeres kontroll. (Fotó: DÉNES ESZTER).

Figure 7. Layout of field maple leaves remaining at the end of the experiment under different ivermectin concentrations (1, 10, 100, and 500 µg/L). K: control; DMSO: solvent control. (Photo: ESZTER DÉNES)

Értékelés

KOLAR és munkatársainak (2010) vizsgálatai is azt igazolják, hogy az érdes pinceáskák tömegcsökkenéssel reagálnak az avermectin-származék féreghajtószerekre, de az ő kísérleteik során talajszennyezés útján magasabb abamectin-mennyiségre volt szükség a szignifikáns hatás eléréséhez. Náluk a 10 mg/kg volt a legkisebb abamectin-koncentráció, amely szignifikáns tömegváltozást eredményezett, míg az általunk használt legmagasabb, 500 µg/l ivermectin-koncentráció átszámolva a száraz levéltömegre is csak 1 mg/kg mennyiséget jelent. THAIN és munkatársainak (1997) a gyűrűsférgek (Annelida) közé tartozó csaliférgekkel (*Arenicola marina*) végzett kutatásai során az ivermectin 0,024 mg/kg mennyiség felett hatott szignifikánsan a kumulatív ürülékszámra. Ez nagyjából megfelel az általunk használt 100 µg/l koncentrációból átszámított 0,2 mg/kg ivermectin mennyiségének, ami a mi vizsgálataink során szignifikáns eltérést mutató csoportok közül a legalacsonyabb kezelési érték volt. RÖMBKE és munkatársainak (2010) terepi vizsgálatai alapján, ahol a talaj ivermectin-tartalmát vizsgálták szarvasmarhatrágya alatt, átszámolva a laborban általunk használt koncentrációkat, leginkább az 1 µg/l lehet közel a valóságban kiürülő ivermectin mennyiségéhez, szélsőséges esetben a 10 µg/l-hez közelíthet ez az érték. Vizsgálataink során ezek a koncentrációk nem mutattak szignifikáns hatást sem az áskák növekedésére,

sem pedig az ürülékszámra. Erős pozitív korrelációt találtunk a testtömegváltozás és az ürülékszám között, tehát azok az állatok, amelyek sokat nőttek, sokat is ürítettek.

Azonban indokolt lehet nem csak ivermektinnel kezelt táplálék hatását tesztelni, hiszen talajlakó állatok esetében az élőhelyként szolgáló közeg szennyezettsége is jelentős hatással lehet az ászkárák életfunkcióira. KISS *et al.* (2018) különböző szemcseméretű ZnO-val végzett vizsgálataiban is toxikusabb volt az anyag az ugróvillások mortalitására és szaporodására kutikuláris expozíció esetében, mint amikor csak a táplálékon keresztül tudták azt felvenni az állatok. Ahogy FISCHER és munkatársai (1997) megállapításai is arról szólnak, hogy bizonyos peszticid (az ő esetükben a dimetoát) jóval nagyobb hatást eredményezett az ászkák növekedésére, hogyha a talajba keverve kutikulával érintkezett, az ivermektin esetében is iránymutató lehet egy ilyen vizsgálat. Vizsgálataink során még úgy is, hogy az előkísérletek után a legmagasabb ivermektin-koncentrációt 1000-ról 500 µg/l-re csökkentettük, az ennek a koncentrációnak kitett állatok közül több elpusztult a kísérlet folyamán, következtetésképpen lehetséges, hogy az 1, 10, 100, µg/l koncentrációk mellett egy gyengébb, pl. 200, 250 vagy 300 µg/l koncentráció használata pontosabb adatokat eredményezhet például a kumulatív ürülékszám esetében. Ezek a laboratóriumi vizsgálatok jó kiindulási alapot adhatnak egy terepi kísérlet megtervezéséhez, amely során realisztikusabb módon lehetne vizsgálni a különböző talajállat-csoportok, köztük az ászkárák ivermektinre adott reakcióit. Hiszen ebben az esetben a kiürült ivermektin biotranszformáción mehet keresztül, és az ürülék egy vegyületkomplexet tartalmaz, amely szerkezetileg is eltér a tisztított ivermektintől. Terveink között szerepel egy félterepi vizsgálat, mely során ivermektinnel kezelt és nem kezelt állatok trágyáját használnánk laboratóriumi ászkateszt során, hogy meghatározzuk az állatok szaporodási paramétereit. Végül pedig valódi terepi vizsgálat során szeretnénk tesztelni a talajállatok, mint bioindikátorok előfordulását a szennyezett trágya környezetében. Összegzésként elmondható, hogy vizsgálatunk eddigi eredményei alapján az ivermektin nem jelent számottevő környezeti fenyegetést az ászkárák táplálkozási aktivitására és növekedésére, amennyiben a környezetben kimutatható koncentrációk a jövőben nem növekednek.

Köszönetnyilvánítás. A kutatás a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kutatási Kiválósági Programjának (SA) támogatásával készült. A kutatást és a publikációt támogatta az NTP-HHTDK-24-0035 azonosító jelű, „A jövő vadgazdálkodási és természetvédelmi szakembereinek tehetséggondozása a MATE VTI tudományos diákköri műhelyeiben” című pályázat. Köszönjük UJVÁRI ZSOLTNak, hogy rendelkezésünkre bocsájtotta a *P. scaber* fotóját.

Irodalomjegyzék

- Burg R. W., Miller B. M., Baker E. E., Birnbaum J., Currie S. A., Hartman R., Kong Y., Monaghan R. L., Olson G., Putter I., Tunac J. B., Wallick H., Stapley E. O., Ojima R. & Omura S. (1979). Avermectins, New Family of Potent Anthelmintic Agents: Producing Organism and Fermentation. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 15(3), 361–367.
<https://doi.org/10.1128/aac.15.3.361>
- Chabala, J. C., Mrozik, H., Tolman, R. L., Eskola, P., Lusi, A., Peterson, L. H., Woods, M. F., Fisher, M. H., Campbell, W. C., Egerton, J. R. & Ostlind, D. A. (1980). Ivermectin, a new broad-spectrum antiparasitic agent. *Journal of Medicinal Chemistry*, 23, 1134–1136.
- Ding, J., Drewes, C. D. & Hsu, W. H. (2001). Behavioural effects of ivermectin in a freshwater oligochaete, *Lumbriculus variegatus*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1584–1590.
<https://doi.org/10.1002/etc.5620200724>
- Donker, M. H. (1992). Energy reserves and distribution of metals in populations of the isopod *Porcellio scaber* from metal contaminated sites. *Functional Ecology*, 6, 445–454.
<https://doi.org/10.2307/2389282>
- Donker, M. H., Van Capelleveen, E. & Van Straalen, N. M. (1993). Metal contamination affects size-structure and life-history dynamics in isopod field populations. In Dallinger, R. & Rainbow, P. S. (eds.): *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. (pp. 383–399). Lewis.
- Drobne, D. (1997). Terrestrial isopods – a good choice for toxicity testing of pollutants in the terrestrial environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16(6), 1159–1164.
<https://doi.org/10.1002/etc.5620160610>
- Egerton, J. R., Ostlind, D. A., Blair, L. S., Eary, C. H., Suhayda, D., Cifelli, S., Riek, R. F. & Campbell, W. C. (1979). Avermectins, a new family of potent anthelmintic agents: efficacy of the B_{1a} component. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 15(3), 372–378.
<https://doi.org/10.1128/aac.15.3.372>
- Farkas, S. & Vilisics, F. (2013). Magyarország szárazföldi ászkarak faunájának határozója (Isopoda: Oniscidea). *Natura Somogyiensis*, 23, 89–124.
- Fischer, E., Farkas, S., Hornung, E. & Past, T. (1997). Sublethal Effects of an Organophosphorous Insecticide, Dimethoate, on the Isopod *Porcellio scaber* Latr. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 116, 161–166.
[https://doi.org/10.1016/S0742-8413\(96\)00164-8](https://doi.org/10.1016/S0742-8413(96)00164-8)
- Gál, J., Markiewicz-Patkowska, J., Hursthouse, A. & Tatner, P. (2008). Metal uptake by woodlice in urban soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69(1), 139–149.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.01.002>
- Gospodarek, J., Petryszak, P., Kołoczek, H. & Rusin, M. (2018). The effect of soil pollution with petroleum-derived substances on *Porcellio scaber* Latr. (Crustacea, Isopoda). *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 38. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7181-6>
- Halley, B. A., Jacob, T. A. & Lu, A. Y. H. (1989). The environmental impact of the use of ivermectin—environmental effects and fate. *Chemosphere*, 18, 1543–1563.
[https://doi.org/10.1016/0045-6535\(89\)90045-3](https://doi.org/10.1016/0045-6535(89)90045-3)
- Halling-Sørensen, B., Jensen, J., Tjørnelund, J. & Montforts, M. H. M. M. (2001). Worst-case estimates of predicted environmental soil concentrations (PEC) of selected veterinary antibiotics and residues used in Danish agriculture. In Kummerer, K. (ed.): *Pharmaceuticals in the Environment*. (pp. 143–157). Springer Verlag.

- Hornung, E., Farkas, S. & Fischer, E. (1998). Tests on the Isopod *Parcellio scaber*. In Lokke, H. & van Gestel, C. A. M. (eds.): *Handbook of Soil Invertebrate Toxicity Tests*. (pp. 207–226). John Wiley & Sons Ltd.
- Jones, D. T. & Hopkin, S. P. (1998). Reduced survival and body size in the terrestrial isopod *Porcellio scaber* from a metal-polluted environment. *Environmental Pollution*, 99, 215–223. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(97\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(97)00188-7)
- Kiss, L. V., Hrács, K., Nagy, P. I. & Seres, A. (2018). Effects of Zinc Oxide Nanoparticles on *Panagrellus redivivus* (Nematoda) and *Folsomia candida* (Collembola) in Various Test Media. *International Journal of Environmental Research*, 12, 233–243. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0086-y>
- Kolar, L., Jemec, A., van Gestel, C. A. M., Valant, J., Hrženjak, R., Eržen, N. K. & Zidar, P. (2010). Toxicity of abamectin to the terrestrial isopod *Porcellio scaber* (Isopoda, Crustacea). *Ecotoxicology*, 19(5), 917–927. <https://doi.org/10.1007/s10646-010-0473-4>
- McKellar, Q. A. & Jackson, F. (2004). Veterinary anthelmintics: old and new. *TRENDS in Parasitology*, 20(10), 456–461. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.08.002>
- Ömura, S. & Crump, A. (2004). The life and times of ivermectin - a success story. *Nature Reviews| Microbiology*, 2, 984–989. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1048>
- Otártics, M. Zs., Juhász, N., Üst, N. & Farkas, S. (2014). Egy heterogén erdőállomány avarlakó szárazföldi ászkarák-közösségeinek (Isopoda: Oniscidea) összehasonlítása. *Natura Somogyiensis*, 24, 61–70. <https://doi.org/10.24394/NatSom.2014.24.61>
- Petrikovszki, R. & Boros, G. (2025). The first blush of tasting: *Porcellio scaber* isopod and *Enchytraeus albidus* enchytraeid prefer the leaf litter of invasive over native plant species. *The European Zoological Journal*, 92, 328–336. <https://doi.org/10.1080/24750263.2025.2456615>
- R Core Team (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Verzió: 4.4.3 (2025-02-28) <http://www.R-project.org/>.
- Römbke, J., Coors, A., Fernández, Á. A., Förster, B., Fernández, C., Jensend, J., Lumaret, J-P., Cots, M. Á. P. & Liebig, M. (2010). Effects of the parasiticide ivermectin on the structure and function of dung and soil invertebrate communities in the field (Madrid, Spain). *Applied Soil Ecology*, 45, 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.05.004>
- Sommer, C. & Bibby, B. M. (2002). The influence of veterinary medicines on the decomposition of dung organic matter in soil. *European Journal of Soil Biology*, 38(2), 155–159. [https://doi.org/10.1016/S1164-5563\(02\)01138-X](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(02)01138-X)
- Tanaka, K. & Udawaga, T. (1993). Cold adaptation of the terrestrial isopod *Porcellio scaber* to subnivean environments. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 163(6), 439–444.
- Thain, J. E., Davies, I. M., Rae, G.H. & Allen, Y. T. (1997). Acute toxicity of ivermectin to the lugworm, *Arenicola marina*. *Aquaculture*, 159(1–2), 47–52. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00210-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00210-X)
- Thylefors, B. (2004). Eliminating onchocerciasis as a public health problem. *Tropical Medicine and International Health*, 9(4), A1–A3. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2004.01226.x>
- Vilisics, F. & Hornung, E. (2010). Újabb adatok Magyarország szárazföldi ászkarákfaunájához (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Állattani Közlemények*, 95, 87–120.
- Zödl, B. & Wittmann, K. J. (2003). Effects of sampling, preparation and defecation on metal concentrations in selected invertebrates at urban sites. *Chemosphere*, 52(7), 1095–1103. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00442-9](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00442-9)

The effect of ivermectin as an antihelminthic drug on the feeding activity and growth of common rough woodlouse (*Porcellio scaber*) (Crustacea: Isopoda)

ESZTER DÉNES, LOLA VIRÁG KISS, PÉTER ISTVÁN NAGY & ANIKÓ SERES*

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Wildlife Management and Nature Conservation, Department of Zoology and Ecology. H-2100 Gödöllő, 1 Páter K. str

*E-mail: seres.aniko@uni-mate.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2025) 110(1–2): 000–000.

Abstract. The effective control of parasites in farm animals is an essential aspect of agricultural practice. Nevertheless, little is known about the effects of the pesticides involved on non-target soil organisms, such as macrodecomposer isopods. In this study, we examined the impact of consuming leaves contaminated with ivermectin on body weight gain in the common rough woodlouse (*Porcellio scaber*). Within the tested concentration range (1, 10, 100, and 500 µg/L of pure ivermectin), significant decreases in body weight and faecal output were observed only at the highest concentration tested (500 µg/L) compared to the control. The decomposition of organic matter is one of the most critical ecosystem services provided by soil. Consequently, damage to the organisms involved in this process can have serious ecological consequences. The environmentally realistic levels of ivermectin are close to the two lowest doses we tested (1 and 10 µg/L), which did not show significant adverse effects on growth or faecal output. In conclusion, our results suggest that ivermectin, at concentrations likely to occur in the environment, does not pose a significant threat to the feeding activity or development of isopods.

Keywords: contaminated food soil, ecosystem service, ecotoxicology, macrodecomposer, side effect

Accepted: 15.08.2025

Published online: 08.09.2025