



A MINŐSÉGI ÉLELMISZER ELŐÁLLÍTÁS KOCKÁZATAI A HÍGTRÁGYA ÖNTÖZÉS SORÁN

PLUTZER JUDIT

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Közegészségügyi Főosztály, Budapest

ÖSSZEFOGLALÓ

A nagyüzemi állattartó telepek létesítésével párhuzamosan új melléktermék, a hígtrágya jelent meg a mezőgazdaságban. Szántóföldi felhasználása jó megoldás ettől a mellékterméktől megszabadulni szándékozó gazdálkodók számára és hasznos a mezőgazdasági földtulajdonosoknak is, mivel biztosítja a tápanyag utánpótlást. A hígtrágya-felhasználás engedélyezési eljárása során a tápanyagtartalmát, oldott sóit és egyéb elemeit (pl. fémeket) mérik, de nem tartalmaz sem ökotoxikológiai vizsgálatokat, sem a hormonhatású anyagok mennyiségének vizsgálatát. Kevés az információ arról is, vajon a hígtrágyakezelés milyen hatással van a fenti összetevőkre. Az iszapfrakció elkülönítésével nagymértékben csökkenthetjük a hormonhatást. A laboratóriumi körülmények közt elvégzett csíranövény teszt elősegíti a hígtrágya gazdaságos alkalmazását a tudatos gazdák számára. Az általa kapott eredmények ismeretében lehetséges minimalizálni, kezelni, figyelemmel kísérni és ellenőrizni olyan nem kívánatos események valószínűségét vagy hatását, mint például a rossz csírázás és a növények növekedésére gyakorolt negatív hatás.

Kulcsszavak: hormonhatású anyagok, hígtrágya, toxikológia

A MINŐSÉGI ÉLELMISZER ELŐÁLLÍTÁSÁNAK FELTÉTELEI

Az élelmiszerbiztonság kérdése világszerte az érdeklődés központjába került. Természetes elvárás, hogy az elfogyasztott élelmiszer ne tartalmazzon egészségre ártalmas anyagokat, hanem támogassa a szervezet működését. Az egészségtudatos

emberek jelentős részét aggasztják az élelmiszerekben esetlegesen megtalálható kórokozók és vegyi anyagok, beleértve a növényvédőszer-, állatgyógyszer-maradékokat, az elszennyeződött környezetből bekerülő vegyszereket. A fejlettebb országok magas színvonalú higiéniai viszonyai között is nagy számban vannak élelmiszer eredetű, kórokozó baktériumok, vírusok és paraziták okozta megbetegedések, növekszik a mikotoxinok és különböző vegyi anyagok okozta élelmiszer-biztonsági veszély (WHO, 2021).

A talaj olyan szilárd természeti erőforrás, amely mindig megújulni képes. Ha védjük az elsavasodástól, a pusztulástól, fenntartjuk a benne élő és mikro- és makro-életközösséget, megőrizzük szerkezetét, pótoljuk a növénytermesztéssel kivont humuszt, a makro- és mikroelemeket, akkor a talaj képes újra és újra megújulni és biztosítani a rajta termesztett egészséges élelmet *Giczi et al. (2021)*, *Matus et al. (2021)*. A rendszeres, okszerű talajművelési eljárások talajművelési rendszereket alkotnak. Ezek célja, hogy a talaj termőképességét megőrizzük, illetve javítsuk. A termőképességet fokozhatjuk úgy, ha a javítjuk a talaj fizikai tulajdonságait (pl. megfelelő hézagterefogat kialakítása), javítjuk a kémiai jellemzőket (pl. trágyázás) vagy a vízkészletet pótoljuk (pl. öntözés) *Beke et al. (2012)*. A talaj tápanyagtartalmát növelő anyagokat összefoglalóan trágyának nevezzük. A mezőgazdaság fejlődése során számtalan anyagot használhatunk trágyázásra, talajjavításra (*Szarka, 2008*).

A HÍGTRÁGYA KELETKEZÉSE ÉS FELHASZNÁLÁSA

A hígtrágya az almozás nélküli állattartás folyékony halmazállapotú mellékterméke, amely állati bélsárból, vizeletből, elcsurgó ivó- és technológiai vízből, valamint kis mennyiségben egyéb hulladékanyagokból áll. Kémiai szempontból bonyolult kolloid rendszer, illetve koncentrált szuszpenzió; összetétele nagymértékben függ az állat fajtától, nemétől, korától, a takarmány összetételétől, minőségétől, az ivóvíz mennyiségétől és minőségétől. Értékes anyagai a fehérjék, az aminosavak, az emulzióban lévő zsírok, az oldott sók (főleg ammónium-, kálium-, nátrium-kloridok, foszfátok, szulfátok, nitrítok és nitrátok), amelyek a meg nem emésztett tápláléknak az ürülékkel távozó maradványai, az emésztés bomlástermékei és a hozzákeveredő víz és egyéb anyagok komponensei (*Kocsis, 2011*). Ennek a trágyaféleségnek a megjelenése hazánkban az 1970-es évek elejére tehető a nagyüzemi állattartó telepek létesítésével párhuzamosan (*Vermes, 2005*).

A hígtrágyával való öntözés jó megoldás az állattartási mellékterméktől való megszabadulásra törekvő gazdálkodók számára, és hasznos a mezőgazdasági földtulajdonosok számára is, akik növények tápanyag-utánpótlásaként használják. A kijuttatás célja olyan szerves és szervetlen anyagoknak a talajba juttatása, amelyek a talaj kémiai és fizikai tulajdonságait, biológiai állapotát javítják, a talaj termékenységét növelik (*Kismányoki, 1994, Eriksen et al. 2008*).

A nem szakszerűen végzett hígtrágyaöntözés környezetvédelmi szempontból kockázatos beavatkozás ezért a hígtrágya-kijuttatáshoz a termőföld védelméről szóló 2007. évi CXXXIX. törvény alapján a talajvédelmi hatóság engedélye szükséges. Az engedélyezés alapja a hígtrágyaöntözést megalapozó talajvédelmi terv. A talajvédelmi tervben kell meghatározni a hígtrágyaterhelés mértékét, valamint javaslatokat kidolgozni a hígtrágyaöntözés esetleges káros hatásainak elkerülése érdekében (90/2008. (VII. 18.) FVM). A nitrátérzékeny területekre még szigorúbb szabályozás vonatkozik (27/2006 (II.7), 59/2008 (IV.29) rendelet). A Tanács 91/676/EGK irányelve (1991. december 12.) a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről elősegíti a helyes gazdálkodási gyakorlatok alkalmazását azáltal, hogy szabályozza a mezőgazdasági eredetű nitrátok okozta környezetszennyezést, és védi a víz minőségét.

A hígtrágya értékes szervestrágya, de alkalmazása számos veszélyt rejt magában: fertőző mikroorganizmusok tömege mutatható ki egyetlen milliliterében. Mivel egyes kórokozók több hónapos tárolás után sem pusztulnak el, így a hígtrágya potenciális fertőző forrást jelent (*Csávás et al. 1975, Vermes 2005*).

A hígtrágya felhasználás engedélyezési eljárása során az iszap tápanyagtartalmát, oldott sóit és egyéb elemeit, azok mennyiségét (pl. N formák, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn) azonosítják és mérik, de az engedélyezés nem tartalmaz sem ökotoxikológiai, sem parazitológiai vizsgálatokat, sem pedig a hormonhatású anyagok mennyiségének/jelenlétének vizsgálatát. Bár a hígtrágya tápanyagtartalma magas, tartalmazhat fertőtlenítőszeret, gyógyszermaradványokat, hormonokat, kórokozókat, amelyek negatív hatással lehetnek a növényekre, a talajra vagy közvetve más élő szervezetekre és ezáltal az emberre is (*Petersen et al. 2012, Bloem & Kratz 2016, Adeel et al. 2017, Chen et al. 2021*).

A keletkező hígtrágyát gyűjtik, rövid ideig tárolják, melynek célja az, hogy teljes mennyiségét és értékes anyagait minél kisebb beavatkozással, de homogenizálva juttassák ki a hasznosítás területére (*Kocsis, 2011*). A kezelés nélküli hígtrágya veszít

tápanyagtartalmából a tárolás során és gyakran kellemetlen szaga van (*Petersen et al.* 2012). A hígtrágyakezelések közül a szétválasztási eljárások közös jellemzője, hogy a hígtrágya szilárd és híg fázisát elkülönítik. A hígtrágya fázisainak szétválasztására több megoldás is létezik, de alapelvüket tekintve két fő csoportra oszthatók: gépi mechanizmus nélkül működő és gépi berendezésekkel működő módszerek. Az első csoportba az ülepítő-szűrő rendszerek tartoznak, amelyek közül Magyarországon a földmedencés ülepítőket, a nagy felületű szűrőberendezéseket és a szűréssel kombinált ülepítőket használják. A második csoportba sorolhatók a fázisbontó gépek, amelyek közül hazánkban előbb a vibrációs szűrők, majd az ívszíták és a centrifugák terjedtek el.

A szilárd fázist minden esetben trágyázásra igyekeznek felhasználni. Újabban kísérleti jelleggel komposztálásra, anaerob rothasztással történő biogáznyerésre és takarmány alapanyaggá való földolgozására is hasznosítják (*Kocsis, 2011*).

A híg fázist nagyobb arányban mezőgazdasági területek öntözésére használják, egyes helyeken a hígtrágya híg részét a hasznosítás, illetve az elhelyezés előtt tisztítják, hogy korlátozott méretű mezőgazdasági területen nagy adagokban, vagy települések környezetében is kiöntözhető legyen. Ha öblítővízként visszaforgatják az istállóba, csak részleges tisztításon, valamint aerob kezeléssel átesett híg fázis használható fel, amelynek bakteriológiai minősége megfelel a rá vonatkozó állategészségügyi előírásoknak (*Kocsis, 2011*). A hígtrágyakezeléshez gyakran olyan baktériumtörzseket vagy azok keverékét adagolják melyek aerob, anaerob vagy fakultatív módon termelnek a szerves anyagok lebontásához szükséges enzimeket, illetve felfalják a szennyező anyagokat, és szervezetükbe beépítik, vagy energiaforrásként lebontják (*Kocsis, 2011*). Ilyen hígtrágyakezelő szer például a Free Flow. A Freeflow tablettá specielisan kiválasztott, a természetben is előforduló 12 féle aerob és fakultatív anaerob talajbaktériumot tartalmaz: *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis* (4 féle), *Bacillus licheniformis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens* (2 féle) *Bacillus simplex* (2 féle). Ezeket a mikroorganizmusokat azért izolálták a környezetből, mert rendkívül hatékonyak azon szerves anyagok lebontásában és szagtalanításában, amelyek az iszapcsatornáknak, tároló tartályokban és lagúnákban találhatóak. Az iszapot hasznosítva a baktériumok folyékonyabb és homogénebb elegyet hoznak létre, csökkentve az ammóniatartalmat és a kellemetlen szagot (*Kapuvári, 2013*).

HORMONHATÁSÚ ANYAGOK ÉS HORMONOK A HÍGTRÁGYÁBAN***Hormonhatású anyagok környezetünkben***

Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) által meghatározott hormonhatású anyagok (endocrine disrupting compounds = EDC-k) olyan exogén anyagok, amelyek megzavarják a természetes hormonok szintézisét, szekrécióját, szállítását, anyagcseréjét, receptorhoz kötődését vagy eliminációját. Akadályozhatják a normális endokrin funkciókat, megváltoztathatják az anyai és a magzati endokrin környezetet, ezáltal felelősek a homeosztázis egyensúlytalanságáért, a rendellenes szaporodásért és a fejlődési folyamatokért (*Diamanti-Kandarakis et al. 2009, Gore et al. 2015, USEPA 2015*). Bár bizonyos vegyi anyagok a 20. század közepére ismertek voltak hormonhatásukról, az endokrin diszruptor kifejezést először az 1991-es Wingspread konferencián használták (*Hotchkiss et al. 2008*). Az EDC-kkel kapcsolatos kezdeti kutatások főként a szteroid hatású vegyi anyagokra összpontosítottak, de mostanra kiterjedtek egyéb vegyi anyagokra is. Az EPA listát vezet az Egyesült Államokban gyártott, feldolgozott vagy importált vegyi anyagokról, amely körülbelül 86 000 vegyi anyagot tartalmaz. Az Egészségügyi Világszervezet 2012-es becslése szerint körülbelül 800, a mindennapi életben használt vegyi anyag rendelkezik hormonhatást zavaró tulajdonságokkal (*Bergman et al. 2013*). 2021-ben az „Endokrin Disruption Exchange” adatbázis (<https://endocrinedisruption.org/interactive-tools/edx-list-of-potential-endocrine-disruptors/search-the-edx-list>) 1482 endokrin rendszert károsító vegyi anyagot sorolt fel. Általánosságban elmondható, hogy a hormonhatással rendelkező anyagok köre természetes és antropogén vegyi anyagokat is tartalmaz, amelyeknek az emberek ki vannak téve a mindennapi életben (*Gore et al. 2015, Sargis et al. 2019*). A természetben előforduló, endokrin rendszert károsító vegyületek közé tartoznak egyes fémek és metalloidok, a parabének, a poliaromás szénhidrogének (PAH) és a fitoösztrogének. A mesterségesen előállított szintetikus EDC-eket gyakran használják a mezőgazdasági gyakorlatban (peszticidok, rovarirtók és gombaölő szerek), csomagolásokban (élelmiszertároló dobozok és zacskók), az iparban (oldószerek, égésgátlók, tartósítószerke, emulgeálószerke, frakcionáló vegyszerek, építőanyagok), háztartási cikkekben (háztartási vegyszerek, kozmetikumok, gyermekjátékok, elektronikai termékek, edények) és orvosi ellátásban (fogamzásgátló tabletták, biocidok, infúziós tasakok és csövek, eldobható kesztyűk, fertőtlenítőszerke). Bár egyes vegyi

anyagok, például a fémek és a PAH-ok természetes módon is jelen vannak környezetünkben, expozíciójuk növekedése az emberi tevékenység, például a fémek kitermelése és a fosszilis tüzelőanyagok elégetése miatt következik be (*Padmanabhan et al.* 2021).

Az ösztrogénkibocsátás fő forrása a hígtrágya

Az EDC-k csoportján belül az ösztrogénhatású anyagok kiemelt figyelmet kaptak, számos káros hatást kötnek ezekhez a vegyületekhez emberek és állatok esetében is: csökkentik az immunrendszer hatékonyságát, fejlődési rendellenességeket okoznak, valamint a leggyakoribb negatív hatás a reprodukív rendszer működési zavara (csökkent termékenység, rendellenes szexuális viselkedés, szexuális vágy és reakcióképesség, nemi azonosulás és szexuális preferencia) (*Kiyama & Wada-Kiyama* 2015, *Adeel et al.* 2017, *Mhaouty-Kodja et al.* 2018).

A kutatások azt mutatják, hogy a környezetben található ösztrogénforrások legnagyobb része állati hulladékból származik. Az elsődleges források közé tartozik a nagyüzemi állattartásból származó ösztrogénvegyületeket tartalmazó trágya és hígtrágya (*Hanselman et al.* 2003, *Rechsteiner et al.* 2020). A szakirodalom szerint a szteroid ösztrogének, mint például az ösztron (E1), az ösztradiol (E2), az ösztriol (E3) és a szintetikus ösztrogén (EE2), mindenütt megtalálhatók a talajban (*Adeel et al.* 2017). Az Egyesült Államokban és az Európai Unióban tartott állatok kibocsátása együttesen meghaladja a 83 000 kg természetes ösztrogént (E1, E2 és E3), ami kétszerese az emberi kibocsátásnak (*Goepfert, et al.* 2014; *Adeel et al.* 2017). Bár a különböző ösztrogének a különböző állatfajokra jellemzőek. A szarvasmarha (*Bos taurus*), az ösztrogének több mint 90% -át szabad és konjugált metabolitként választja ki 17α -E2, 17β -E2 és E1 formájában. *Wei et al.* (2011) Kína északkeleti részén található 24 tejtermelő és marhahús-gazdaság ösztrogén kibocsátását vizsgálták. A tejelő gazdaságban a 17α -E2, 17β -E2 és az E1 átlagos koncentrációja 194,6, 104,4, illetve 262 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, míg a hústermelésre fókuszáló gazdaságban 104,5, 67,7 és 216,4 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt. A 17α -E2 azonban alig fedezhető fel a sertés (*Sus scrofa*) vagy a baromfi (*Gallus domesticus*) ürülékében (*Hanselman et al.* 2003).

Az állati hulladékkal végzett tápanyagutánpótlás komoly veszélyt jelenthet a környező talajvízre és a felszíni vizekre, nemcsak a fent említett parazita szennyezés, hanem a kémiai hormonszennyezés miatt is (*Arnon et al.* 2008, *Laegdsmand et al.* 2009). Az

ösztrogén lefolyása a felszíni trágyával rendelkező parcellákról 640-szer nagyobb volt, mint azokon a parcellákon, ahol a trágyát injektálták, beforgatták. A trágyaféleségek talajba juttatása több időt ad a termőföldnek a trágya megkötésére, és lassítja a szennyezőanyag-kibocsátást (Mina et al. 2017).

Az ösztrogének előfordulása a mezőgazdasági termékekben, azok hatása a növények fejlődésére

Az ösztrogénszennyezés aggasztó probléma nemcsak az ösztrogén emberi és állati egészségre gyakorolt hatása miatt, hanem a növények növekedésére és fejlődésére gyakorolt hatása miatt is (Janeczko & Skoczowski 2005, Franks et al. 2019). Lu és munkatársai szteroid ösztrogének előfordulását vizsgálták az amerikai Fort Pierce piacán. A zöldségekben (saláta, paradicsom, tök, burgonya, sárgarépa) és a gyümölcsökben (alma, eper, citrusfélék) a 17 β -E2 koncentrációja 1,26-3,09 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ volt. A FAO/WHO Élelmiszer-adalékanyagokkal foglalkozó szakértői bizottsága (JECFA) szerint az 17 β -E2 napi bevitelének toxikus szintje (ADI) 60 kg-os felnőtt esetében 3,0 μg / nap (Lu et al. 2013).

Bizonyos növények képesek felszívni a környezetükből származó szennyeződések anélkül, hogy azok fejlődésükre negatív hatással lennének. Ezt a mechanizmust fitoextrakciónak nevezzük. Számos olyan növényfajt ismerünk, amelyek alkalmazkodtak a nehézfémekhez, de sajnos kevés információval rendelkezünk azokról a növényekről, amelyek képesek ösztrogénfelhalmozásra. A szennyvízzel végzett folyamatos áramlási tesztek azt mutatják, hogy az algák és a békalencse (*Lemna minor*) kulcsszerepet játszanak az ösztrogén eltávolításában (Shi et al. 2010, Bai & Acharya 2019), ámbár a *Chlamydomonas* fejlődését 7 μM EE2 gátolta (Pocock & Falk 2014). A keskenylevelű fűz (*Salix exigua*) szintén képes ösztrogén felvételére (Franks et al. 2019). Egy Japánban végzett hidroponikus vizsgálat során (amikor a növény nem a talajban növekszik, hanem tápoldatban vagy tápoldattal rendszeresen átjárt anyagban, mint például perlit, kavics, agyaggolyó közetgyapot) több száz különféle növényt vizsgáltak, de csak a kövér porcsin (*Portulaca oleracea*) volt az egyetlen növény, mely 24 órán belül eltávolította a fenoltartalmú vegyszereket, köztük a 17 β -E2-t (Imai et al. 2007).

A burgonya (*Solanum tuberosum*) gyökérnövekedését és a gumó méretét az ösztrogénhatás (17 β -E2) csökkentette (Brown, 2006), míg a kukorica (*Zea mays*) palántáinak növekedését 10 mg. L-1 koncentráció gátolta, viszont 0,1 mg. L -1

növekedésserkentőként hatott (Bowlin, 2014). Kukoricával (*Zea mays*) végzett kísérletek kimutatták, hogy szintetikus és természetes ösztrogének (17 β -E2) megjelennek a kukorica gyökereiben, de a szárban is (Card *et al.* 2012). Mungóbab (*Vigna radiata*) és csicseriborsó (*Cicer arietinum*) esetén az E1 és E2 alacsony (0,1 μ M) koncentrációnál fokozott csírázást és vegetatív növekedést mutatott, de magas (60 μ M) koncentrációnál gátolta a fejlődést (Guan & Roddick 1988, Erdal & Dumlupinar 2011). A lencse (*Lens culinaris*) esetében a 17 β -E2 kezelés fokozott növekedést és jobb csírázást eredményezett a kadmium és a réz stressz alatt (Chaoui & El Ferjani 2013).

KEZELÉSEK HATÁSA A HÍGTRÁGYA ÖSSZETÉTELÉRE

A földekre kijuttatott műtrágyaféléket, annak tudatában választják ki a gazdák, hogy ismerik a talaj tulajdonságait, és annak hiányosságait igyekeznek a megfelelően választott műtrágyával pótolni. Azonban a hígtrágya esetén nem ismerjük ugyanilyen pontossággal az összetevőket, mivel a hígtrágya összetétele rendszeresen változhat és nagymértékben függ az állattartás technológiájától és az adott állatfajtól, az állategészségügyi kezelésektől (antibiotikumok, gyulladáscsökkentők), a hígtrágyakezelés típusától is.

A Gubó *et al.* (2021) által publikált tanulmány a hígtrágyában megtalálható ösztrogénhatású anyagokat követte nyomon. Az ösztrogénhatású anyagok csoportjába tartozó vegyületek kémiai sokfélesége nagyon megnehezíti a vizsgálatukat, mivel különböző analitikai módszerek szükségesek kimutatásukhoz, így egy-egy minta igen részletes vizsgálata esetén sem lehet egyértelműen kizárni, hogy valamelyik vegyület észrevétlen marad. Ezt a problémát hidalják át a hormonhatású anyagok jelenlétét hatásoldalról vizsgáló módszerek, mint például a humán ösztrogén receptort termelő élesztősejt tenyészetten végzett vizsgálat, amellyel a különböző típusú vizek vagy a vízből készült koncentrátumok esetleges hormonhatása laboratóriumi körülmények között tesztelhető (YES teszt). Ez a teszt ebben a tanulmányban kimutatta, hogy az iszap folyékony és szilárd fázisainak elválasztása hozzájárul az ösztrogén anyagok redukciójához a folyékony fázisban, azaz a hígtrágya folyékony és szilárd fázisának elválasztása kedvező hatással van a folyékony hígtrágya összetételére és ezáltal a biztonságosabb termőföldre juttatásra. A 30 napig tárolt minták esetében egyértelműen látható, hogy a teljes ösztrogén anyag mennyiségének 71-95% -a kerül át a szuszpendált szilárd fázisba és az abszorbeált mennyiség meghaladta a folyékony fázisát. Gubó *et al.*

számításai alapján szeparátor használata nélkül körülbelül 162-szer több ösztrogénhatású anyagot bocsátunk ki a környezetbe. Ezt alátámasztja, *Amin et al.* (2012) tanulmánya is, miszerint a fizikai elválasztás során az ülepedési és centrifugálási folyamatban az E2 50-75% -a távozik az iszappal.

A toxikológiai vizsgálatokhoz ISO 18763 standardnak megfelelő Phytotoxkit mikrobiotestet (MicroBioTests Inc., TK62 L Phytotoxkit) használtak a mezőgazdasági vetőmag csírázásának és a fiatal gyökerek növekedésének vizsgálatára a termőtalajban, a hígtrágya különböző mértékű hígításainak alkalmazása során. Egyszikű (tarka cirok; tritikálé) és kétszikű (fehér mustár, kerti zsázsa, hajdina) növényeket választottak ki tesztelésre. A növényi magvak csírázásának gátlását tapasztalták, mikor nyers, fázisválasztás nélküli hígtrágyát használtak a tesztalajok átítatására. A fázisok szétválasztása után 97-160% közötti kontrollhoz viszonyított relatív gyökernövekedést értek el, következésképpen a csírázásra káros anyagokat a szuszpendált szilárd fázissal eltávolították. Míg ez a tanulmány egy adott szarvasmarha-gazdaságban egy adott év (2017) hígtrágya ökototoxicitásának értékelésére összpontosít, felhívja a figyelmet a hígtrágya folyékony és szuszpendált szilárd szeparáció fontosságára, mielőtt azt mezőgazdasági célokra felhasználnák, és kiemeli a növényi vetőmagok tesztjeinek szükségességét, amelyek nyilvánvalóan segítik a hígtrágya-felhasználás kockázatbecslését (*Gubó et al.* 2021).

Pordán-Háber 2021-es tanulmánya a baktériumkezelés hatását vizsgálja a hígtrágya összetételére. Az előző vizsgálathoz hasonlóan, az élesztőtesztet használta a hígtrágya minták hormonhatásának mérésére, az ökotoxicitás méréséhez pedig szintén a phytotoxkit-et alkalmazta egyszikű (kukorica, tritikálé, olaszperje), és kétszikű (fehér mustár, lucerna) növényekkel. Eredményei azt mutatják, hogy az ösztrogénhatás megléte számottevő maradt a kezelés végére is. A fitotoxicitási vizsgálat alapján elmondhatjuk, hogy mindegyik növény növekedésére pozitív hatással volt a trágyakezelés, 100×-os hígításnál a kontrollhoz viszonyított többszörös gyökernövekedést értek el (133%-os serkentéstől 345%-os serkentésig) (*Pordán-Háber*, 2021).

KONKLÚZIÓ

A fenti tanulmányok és kísérletek eredményeinek ismeretében a hígtrágya iszap és folyékony frakciójának elkülönítése, a folyékony frakció baktériumos kezelése lenne

ideális megoldás környezetvédelmi, egészségügyi és gazdasági szempontból is, ámbar további vizsgálatok szükségesek ennek alátámasztására.

Az ökotoxikológiai vizsgálatok célja, hogy viszonylag egyszerű biológiai tesztekkel az ökoszisztéma egészére kivetíthető eredményt kapjunk, közvetlenül mutatják a hígtrágya minták aktuális toxicitását és egyéb káros hatásait. Az fitotoxikológiai teszt eredménye magában foglalja a környezeti mintában, hígtrágyában található, különféle módokon és erősséggel kötődő szennyezőanyagok hozzáférhetőségét, a hatások eredőjét mutatja, melyben az egymást erősítő, összeadó és kioltó hatások egyaránt megjelennek. Ezek a növényi tesztek segítenek meghatározni a hígtrágya gazdaságos alkalmazását, minimalizálni, figyelemmel kísérni és ellenőrizni olyan nemkívánatos események valószínűségét vagy hatását, mint például a rossz csírázás és a növények növekedésére gyakorolt negatív hatás.

RISKS OF QUALITY FOOD PRODUCTION DURING SLURRY IRRIGATION

PLUTZER JUDIT

National Public Health, Department of Public Health, Budapest

ABSTRACT

In parallel with the establishment of large-scale livestock farms, a new by-product, the slurry, appeared in the agriculture. Its field use is a good solution for farming that seeks to get rid of by-products and it is beneficial to agricultural landowners as it provides nutrient replenishment. During the authorization procedures for the use of the slurry, the nutrient content, the dissolved salts and other elements (e.g. metals) are measured, but the authorization does not include either ecotoxicological studies or the quantification of hormonal substances. There is also little information on the effect of slurry treatment on the above ingredients. Studies support that hormone content can be greatly reduced by separating the sludge fraction. A seedling test (PhytoTox test) performed under laboratory conditions facilitates the application of slurry to conscious farmers. With the knowledge of the test results, it is possible to minimize, treat, monitor, or control adverse events such as poor germination and plant growth.

Keywords: endocrine disrupting chemicals, slurry, toxicology

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a tanulmány az alábbi projekt támogatásával valósult meg: Interreg V-A Slovakia Hungary Cross Border Cooperation Programme CO-INNOVATION SKHU/1802/3.1/023

IRODALOMJEGYZÉK

27/2006. (II. 7.) Korm. rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről.

59/2008. (IV. 29.) FVM rendelet vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről.

90/2008. (VII. 18.) FVM rendelet a talajvédelmi terv készítésének részletes szabályairól.

Adeel, M. – Song, X. – Wang, Y. – Francis, D. – Yang, Y. (2017): Environmental Impact of Estrogens on Human, Animal and Plant Life: A Critical Review. Environment International 99, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.12.010>.

Amin, MG. – Petersen, SO. – Lægdsmand, M. (2012): Sorption of 17 β -estradiol to pig slurry separates and soil in the soil-slurry environment. J Environ Qual. 41, (1) 179-87. doi: 10.2134/jeq2011.0168. PMID: 22218186.

Arnon, S. – Dahan, O. – Elhanany, S. – Cohen, K. – Pankratov, I. – Gross, A. – Ronen, Z. – Baram, S. – Shore, LS. (2008): Transport of testosterone and estrogen from dairy-farm waste lagoons to groundwater. Environ Sci Technol. 42, (15) 5521-5526. doi: 10.1021/es800784m. PMID: 18754470.

Bai, X. – Acharya, K. (2019): Removal of seven endocrine disrupting chemicals (EDCs) from municipal wastewater effluents by a freshwater green alga. Environ Pollut. 247, 534-540. doi: 10.1016/j.envpol.2019.01.075. PMID: 30708315.

Beke, D. - Schmidt, R. - Csavajda, É. - Schmidt, P. - Szakál, T. (2012): Effect of manuring with compost examined on the organic matter and water management of the soil as well as on the vegetative development and yield of maize: XI. Alps-Adria Scientific Workshop. Smolenice, Slovakia. March 26 - 31. Növénytermelés 61, 247-250.

- Bergman, A. – Heindel, JJ. – Jobling, S. – Kidd, K. – Zoeller, TR.* (2013): World Health Organization. State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals 2012. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Bloem, E. – Kratz, S.* (2016): Organic Xenobiotics. In: Schnug E., De Kok L. (eds) Phosphorus in Agriculture: 100 % Zero. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7612-7_13.
- Bowlin, KM.* (2014): Effects of β -Estradiol on Germination and Growth in Zea Mays L. Northwest Missouri State University. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Brown, G.* (2006): The Effects of Estrogen on the Growth and Tuberization of Potato Plants (*Solanum Tuberosum* Cv .‘ Iwa ’) Grown in Liquid Tissue Culture Media. University of Canterbury, School of Biological Science.
- Card, ML. – Schnoor, JL. – Chin, YP.* (2013): Transformation of natural and synthetic estrogens by maize seedlings. *Environ Sci Technol.* 47, (10) 5101-5108. doi: 10.1021/es3040335. PMID: 23488817.
- Chaoui, A. – El Ferjani, E.* (2013): β -Estradiol Protects Embryo Growth from Heavy-Metal Toxicity in Germinating Lentil Seeds. *J Plant Growth Regul* 32, 636–645. <https://doi.org/10.1007/s00344-013-9332-x>.
- Chen, X. – Li, Y. – Jiang, L. – Hu, B. – Wang, L. – An, S. – Zhang, X.* (2021): Uptake, accumulation, and translocation mechanisms of steroid estrogens in plants. *Science of the Total Environment.* 753.141979. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.141979.
- Csavas I. – Fekete J. – Kiss O. – Vermes L.* (1975): A higtragya kezelesi modszereinek vizsgálata szakosıtott sertestelepeken. Akademia Kiado, Budapest.
- Diamanti-Kandarakis, E. – Bourguignon, JP. – Giudice, LC. – Hauser, R. – Prins, GS. – Ana Soto, AM. – Zoeller, RT. – Gore, AC.* (2009): Endocrine-Disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement, *Endocrine Reviews*, 30, (4) 293–342. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>
- Erdal, S. – Dumlupinar, R.* (2010): Progesterone and β -Estradiol Stimulate Seed Germination in Chickpea by Causing Important Changes in Biochemical Parameters. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences* 65, (3–4) 239–244. <https://doi.org/10.1515/znc-2010-3-412>.
- Eriksen, J. – Sorensen, P. – Elsgaard, L.* (2008): The fate of sulfate in acidified pig slurry during storage and following application to cropped soil. *J Environ Qual.* 37, (1) 280-286. <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0317>.

- Franks, CG. – Pearce, DW. – Rood, SB. (2019): A prescription for drug-free rivers: uptake of pharmaceuticals by a widespread streamside willow. Environ Manage. 63, (1) 136-147. doi: 10.1007/s00267-018-1120-8. PMID: 30421133.*
- Giczi, Zs. – Kalocsai, R. – Vona, V. – Szakál, T. - Lakatos, E. – Ásványi, B. (2021): Study of the antifungal effect of a copper-containing foliar fertilizer. Cereal Research Communications 49, (2) 337-341.*
- Goepfert, N. – Dror, I. – Berkowitz, B. (2014): Detection, fate and transport of estrogen family hormones in soil. Chemosphere. 95, 336-345. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.09.039. PMID: 24134891.*
- Gore, C. – Chappell, VA. – Fenton, SE. – Flaws, JA. – Nadal, A. – Prins, GS. –Toppari, J. –Zoeller, RT. (2015): EDC-2: The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine-Disrupting Chemicals, Endocrine Reviews, 36, (6) E1–E150. <https://doi.org/10.1210/er.2015-1010>.*
- Guan, M. – Roddick, JG. (1988): Comparison of the Effects of Epibrassinolide and Steroidal Estrogens on Adventitious Root Growth and Early Shoot Development in Mung Bean Cuttings. Physiologia Plantarum 73, (3) 426–431. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1988.tb00621.x>.*
- Gubó E. – Kiss-Szarvák I. – Erdenebaatar M. – Gubó R. – Horváth B. – Szakál P. – Plutzer J. (2021): Ecotoxicological investigations of milking cow slurry and changes of oestrogenic compounds in the solid and liquid phase. Nyomtatás alatt, 2021 Energy ecology and environment.*
- Hanselman, TA. – Graetz, DA. – Wilkie, AC. (2003): Manure-borne estrogens as potential environmental contaminants: a review. Environ Sci Technol. 37, (24) 5471-5478. doi: 10.1021/es034410+. PMID: 14717153.*
- Hotchkiss, AK. – Rider, CV. – Blystone, CR. – Wilson, VS. – Hartig, PC. – Ankley, GT. – Foster, PM. – Gray, CL. – Gray, LE. (2008): Fifteen Years after “Wingspread” – Environmental Endocrine Disrupters and Human and Wildlife Health: Where We are Today and Where We Need to Go, Toxicological Sciences, 105, (2) 235–259. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfn030>*
- Imai, S. – Shiraishi, A. – Gamo, K. – Watanabe, I. – Okuhata, H. – Miyasaka, H. – Ikeda, K. – Bamba, T. – Hirata, K. (2007): Removal of phenolic endocrine disruptors by *Portulaca oleracea*. J Biosci Bioeng. 103, (5) 420-426. doi: 10.1263/jbb.103.420. PMID: 17609156.*

- Janeczko, A. – Skoczowski, A. (2005):* Mammalian sex hormones in plants. *Folia Histochem Cytobiol.* 43, (2) 71-79. PMID: 16044944.
- Kapuvári OM. (2013):* A sertéslelepi szennyvizek, hígtrágyák tisztításának vizsgálata, Szakdolgozat, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet.
- Kismányoki T. (1994):* Trágyázás In.: Iványi et. al.: Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest; p.53-57., 65-68.
- Kiyama, R. – Wada-Kiyama, Y. (2015):* Estrogenic endocrine disruptors: Molecular mechanisms of action. *Environ Int.* 83, 11-40. doi: 10.1016/j.envint.2015.05.012 PMID: 26073844.
- Kocsis I. (2011):* Hígtrágya és szennyvíziszap kezelés, Szent István Egyetem, Budapest.
- Laegdsmand, M. – Andersen, H. – Jacobsen, OH. – Halling-Sørensen, B. (2009):* Transport and fate of estrogenic hormones in slurry-treated soil monoliths. *J Environ Qual.* 38, (3) 955-964. doi: 10.2134/jeq2007.0569. PMID: 19329684.
- Matus, L. – Schmidt, R. – Lantos, Zs. – Szakál, P. – Szakál, T. (2021):* Impact of soil treatment with alkaline zinc carbonate on the quantity and quality of maize (*Zea mays* L.) yield. *Drc Sustainable Future: Journal of Environment Agriculture And Energy* 2, (2) 132-140.
- Lu, J. – Wu, J. – Stoffella, PJ. – Wilson, PC. (2013):* Analysis of bisphenol A, nonylphenol, and natural estrogens in vegetables and fruits using gas chromatography-tandem mass spectrometry. *J Agric Food Chem.* 61, (1) 84-89. doi: 10.1021/jf304971k. PMID: 23215552.
- Mhaouty-Kodja, S. – Naulé, L. – Capela, D. (2018):* Sexual Behavior: From Hormonal Regulation to Endocrine Disruption. *Neuroendocrinology.* 107, (4) 400-416. doi: 10.1159/000494558. PMID: 30326485.
- Mina, O. – Gall, HE. – Saporito, LS. – Kleinman, PJ. (2017):* Estrogen Transport in Surface Runoff from Agricultural Fields Treated with Two Application Methods of Dairy Manure. *J. Environ. Qual.* (45) 2007-2015. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.05.0173>
- Padmanabhan, V. – Song, W. – Puttabyatappa, M. – Perturbatio, P. (2021):* Impact of Endocrine-Disrupting Chemicals, *Endocrine Reviews,* 42, (3) 295–353. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa035>.
- Petersen, HH. – Enemark, HL. – Olsen, A. – Amin, MG. – Dalsgaard A. (2012):* Transport of *Cryptosporidium parvum* oocysts in soil columns following applications of raw and

separated liquid slurries. *Appl Environ Microbiol.* 78, (17) 5994-6000. doi:10.1128/AEM.07829-11.

Pocock, T. – Falk, S. (2014): Negative impact on growth and photosynthesis in the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* in the presence of the estrogen 17 α -ethynylestradiol. *PLoS One.* 9, (10) e109289. doi: 10.1371/journal.pone.0109289. PMID: 25310092; PMCID: PMC4195650.

Pordán-Háber Kocsisné D. (2021): Pseudomonas és Bacillus törzsekkel kezelt és kezeletlen hígtrágya összehasonlító ökotoxikológiai vizsgálata, TDK dolgozat, Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Víz és Környezettudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

Rechsteiner, D. – Schrade, S. – Zähler, M. – Müller, M. – Hollender, J. – Bucheli, TD. (2020): Occurrence and Fate of Natural Estrogens in Swiss Cattle and Pig Slurry. *J Agric Food Chem.* 68, (20) 5545-5554. doi: 10.1021/acs.jafc.0c00858. PMID: 32364724.

Sargis, RM. – Simmons, RA. (2019): Environmental neglect: endocrine disruptors as underappreciated but potentially modifiable diabetes risk factors. *Diabetologia.* 62, (10) 1811-1822. doi: 10.1007/s00125-019-4940-z. PMID: 31451869; PMCID: PMC7462102.

Shi, W. – Wang, L. – Rousseau, DP. – Lens, PN. (2010): Removal of estrone, 17 α -ethynylestradiol, and 17 β -estradiol in algae and duckweed-based wastewater treatment systems. *Environ Sci Pollut Res Int.* 17, (4) 824-833. doi: 10.1007/s11356-010-0301-7. PMID: 20213308.

Szarka A. (2008): Tápanyagutánpótlás. A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának fejlesztése” keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet 1085 Budapest, Baross u. 52. Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063. Felelős kiadó: Nagy László főigazgató.

United States Environmental Protection Agency. Endocrine Disruption. (2015): Updated June 24, 2019. Accessed September 24, 2021. <http://www.epa.gov/endocrine-disruption>.

Vermes L. (2005): Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN 963-286-153-1

WHO (2021): <https://www.euro.who.int/en/home>

Wei, H. – Yan-xia, L. – Ming, Y. – Wei, L. (2011): Presence and determination of manure-borne estrogens from dairy and beef cattle feeding operations in northeast China. *Bull*

Environ Contam Toxicol. 86, (5) 465-469. doi: 10.1007/s00128-011-0247-6. PMID: 21437787.

A szerző levélcíme - Address of the author:

PLUTZER JUDIT

Nemzeti Népegészségügyi Központ, Közegészségügyi Főosztály

1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6.

E mail: plujud@yahoo.com