

DON toxin kukorica (*Zea mays* L.) csírázásra gyakorolt ökotoxikológiai hatása

Gálya Bernadett¹ – Nagy Attila¹ – Biró Györgyi¹ – Mézes Lili¹ – Borbély János² – Tamás János¹

¹Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Debrecen

²Debreceni Egyetem Általános Orvostudományi Kar,
Radiológiai Klinika, Debrecen
bernadett.galya@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Hazai viszonyok között az egyik legjelentősebb szántóföldi kórokozó a *Fusarium graminearum*, valamint a trichotecén típusú mikotoxinok fordulnak elő leggyakrabban, közülük a deoxynivalenol (DON) jelenlétét mutatták ki legtöbbször a gabonafélékben (Biró et al., 2011). A *Fusarium* fertőzést és a mikotoxin termelést nem sikerült kiktűszölni, mivel a fuzáriummal fertőzött kukorica nem hasznosítható élelmiszerként, vetőmagként, illetve takarmányként, azonban esetleges ártalmatlanítási módszer lehet a fuzáriummal fertőzött (ezáltal toxint tartalmazó) kukorica energetikai célú (biogáz alapanyagként történő) hasznosítása. A kutatás során célul tűztük ki, hogy a fent említett esetben megvizsgáljuk a – biogáz előállítás végtermékéiként keletkező – fermentlé toxin tartalmát és hatását a növény csírázására, mivel a fermentált végterméket a későbbiekben trágyaként alkalmazzák. A *Fusarium* sp. a kukorica (*Zea mays* L.) vetőmag penészedését, valamint a csíranövény pusztulását okozhatja, ezért munkánk során a kukorica szemtermésre gyakorolt csírázásgátló hatását is vizsgáltuk. Az Intézetben végzett előzetes vizsgálatok során a gomba 30 napos tartózkodási idő után nem volt kimutatható a bioreaktorban, azonban feltételezhető, hogy a hidrolízis alatt a gomba szaporodása és a mikotoxin termelés is exponenciálisan nő. A fermentált végtermékből nem állt rendelkezésünkre megfelelő eszköz a toxin mennyiségének vizsgálatára, ezért anaerob hidrolízis modellezése vált szükségessé. A hidrolizált termék csírázásra gyakorolt hatását szintén csíranövény teszt keretében vizsgáltuk.

Kulcsszavak: *Fusarium graminearum*, fermentlé, DON toxin, csíranövény teszt

SUMMARY

Fusarium graminearum is one of the most significant arable pathogen in Hungary, and various types of trichothecene mycotoxins (mostly DON, deoxynivalenol) are detected most commonly in cereals (Biró et al., 2011). *Fusarium* infection and mycotoxin production could not be eliminated, and infected maize by *Fusarium* sp. cannot be exploited as food, seed, or animal feed. However it can be raw material of biogas production. In this research we would like to investigate the content and effect of the toxin in the end product of biogas production on plant germination. The *Fusarium* sp. can cause mildew and seedling mortality in seed of maize (*Zea mays* L.), so we examine the effect of this on germination. In preliminary examination *Fusarium* sp. was not detected in the bioreactor of the Institute after the retention time (30 day), however it can be assumed that during the hydrolysis of the fungus growth and mycotoxin production also increased exponentially. There were no appropriate tools to detect the toxin in the end product of biogas production so modelling of anaerobic hydrolysis was necessary. The effects of hydrolyzed product for germination were also detected.

Keywords: *Fusarium graminearum*, end product of biogas fermentation, deoxynivalenol, germination test

BEVEZETÉS

A növény-kórokozó gombák világa hatalmas, több mint 20 000 olyan gombafajt tartanak számon, amelyek képesek magasabb rendű növényeken élősködni. Ide tartoznak a *Fusarium*ok, amelyek korhadó szerves szubsztrátumokon más mikrobákkal együtt vagy ezekkel versengve hasznos tevékenységet folytatnak, azzal hogy elhalt növényi és állati maradványok lebontásában vesznek részt. A *Fusarium* sp. egyes fajai azonban hihetetlen mértékű károkat okozhatnak. A gomba jelenléte az élelmiszereket, ill. élelmiszer-nyersanyagokat hátrányosan befolyásolja. A *Fusarium* nemzetségbe tartozó kórokozó gombák nagy többsége termel mikotoxinokat: zearalenont, fumozineket és a trichotecéneket (DON, T2, HT-2 toxinokat) (Halász és Valovics, 2012). A takarmány alapanyagok mikotoxin szennyezettsége világméretű probléma, amely egyrészt közvetlenül, másrészt gazdasági állatainkon keresztül közvetetten a fogyasztók számára is veszélyes (Mézes et al., 2010).

Az elmúlt években bekövetkező csapadékos időjárás miatt kedvező körülmények alakultak ki a *Fusarium* sp.

fejlődéséhez. Elterjedésének optimális körülményeit és a kalászfuzáriózis, valamint a kukorica fuzáriumos csőpenészedésének tüneteit a növény különböző fejlődési szakaszában Kovács és Biró (2002), illetve Békési (2010) részletesen taglalta. A fuzáriummal fertőzött kukorica nem használható élelmiszerként, vetőmagként vagy takarmányként, ezáltal hulladékká válik. A biogázüzemek fontos szerepet tölthetnek be a fertőzött kukorica hasznosításában, mivel esetleges ártalmatlanítási módszer lehet a fuzáriummal fertőzött (ezáltal toxint tartalmazó) kukorica energetikai célú hasznosítása. A fermentlé trágyaként kerül további felhasználásra, ezt figyelembe véve azonban fontos megvizsgálni a hatását a növény csírázására. A nemzetközi kísérletek, főleg a *Fusarium* gomba kimutathatóságát célozták meg laboratóriumi körülmények között a biogáz rendszerben. Az anaerob fermentálás végtermékének mikotoxin tartalmát, illetve annak hatását a talaj-növény-állat-ember rendszerre eddig még nem vizsgálták (Biró et al., 2012). A toxin hatását a csíra növekedésére csíranövény-tesztekkel lehet igazolni. Az általunk alkalmazott tenyészedényes csíráztatás előnyeit, jellemző para-

métereit Radulescu és Negru (2010) ismertették. Az OECD (1984), USFDA (1984), USEPA (1996) szabványok szerint csíratesztre javasolt tesztnövények közé tartozik (többek között) a kukorica is, amelyet a kísérletünk során felhasználtunk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérlet során felhasznált fermentlevek jellemzői

A kísérletünk során felhasznált fermentlevet a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet biodegradációs laboratóriumában készítették, és bocsátották rendelkezésünkre, ahol hőszigetelt termosztát szekrényekben (4 db) 6 liter térfogatú rozsdamentes acéltartály képezi a fermentációs tereket.

A kísérletek légköri nyomáson, anaerob körülmények között kerültek beállításra. A reaktorból távozó gázelegy esetleges szerves savtartalmának elnyelése vízzel töltött gázmosó palackokkal történt. Az ezt követő hűtőberendezés a gázok vízmentesítését szolgálta. A gázmosó és a hűtőberendezés után a gázkeverék összetételének meghatározása Fisher-Rosemount NGA 2000 típusú (CH_4 , CO_2 , O_2) gáz-analizátorral történt. A kénhidrogén és az ammónia (H_2S , NH_3) mérése MX42A típusú gázelemző használatával valósult meg, mely előtt nem volt szükséges a gázmosó és a hűtőberendezés alkalmazni. Fisher-Rosemount NGA 2000 típusú gázelemző a keverék összetételét folyamatosan határozza meg, az Oldham gyártmányú, MX42A típusú pedig szakaszos üzemmódban, meghatározott időközönként. A Fisher-Rosemount gáz-analizátor RS232 porton keresztül számítógéphez csatlakoztatható, közvetlen jelkimeneti egységgel rendelkezik, valamint az MX42A gázelemző műszer kimeneti egysége RS232 porttá átalakítható, így lehetőség nyílt ezen adatok számítógépen való tárolására, közvetlen elemzésére. A rendszer irányítástechnikai vezérlését (hőmérséklet szabályozása: mezofil (38 °C), termofil (55 °C), biogáz koncentráció (tf%) adatok tárolása, gáz mennyiség mérése, szelepek vezérlése), valamint az adatok gyűjtését az erre a célra kifejlesztett szoftver, az Advantech Genie 3.0 verziója tette lehetővé az elmúlt 10 évben. 2010-től Compair ACE (Adaptive Control Environment) ellenőrző rendszer segítségével történt az adatok gyűjtése, amelynek háttérében Linux platform fut (Tamás et al., 2012).

A csíranövény teszt során felhasznált fermentlevek esetében az 1-es típusú fermentlé az alapanyag 26%-ában (sz. a.) fuzáriumtól mentes kukoricadarát, míg a 2-es típusú fermentlé a *Fusarium sp.*-vel fertőzött (DON toxint tartalmazó) kukoricadarát tartalmazott. Mindkét típusú fermentlé a fentiekén kívül 220 g húsléből, 160 g silókukoricából, 43 g szeparált anyagból, 500 g hígtrágyából, 4020 g fermentléből tevődött össze. A kísérleti alapanyagok a nyírbátori regionális biogáz üzemből származtak, ahol energetikai célú újrahasznosítás folyik. A vizsgálataink során kvarchomokot használtunk, illetve a csíratesztek steril laboratóriumi körülmények között végeztük el. A talajt a kísérlet beállítása előtt 24 órán át szárítószekrényben sterilizáltuk. Minden keverési arány mellé beállítottunk egy kontrollt, hogy a csírázás során időben és térben tapasztalható különbségek még jobban megfigyelhetőek

legyenek. A kontroll tenyészedény csak kvarchomokot tartalmazott. A keverési művelet után megöntöztük a talajt, olyan módon, hogy teljesen ázzon át, így elérve a maximális vízkapacitást. 24 óra elteltével lemértük minden edény tömegét, így megkapva a minimális vízkapacitást. A lemerő edények tömegét feljegyeztük, és a naponta történő öntözés során a hiányt ioncserélt vízzel pótoltuk. A kísérlet során LG 33. 95-ös hibrid kukoricát használtunk fel, melynek jellemzője, hogy korai kukorica, lófogú szemtípusa van. Vízleadása éréskor gyors, betakarításkor a szemnedvesség tartalma érscsoportja átlagánál kedvezőbb. Magas, zöld száron érő hibrid, a csövek hosszúak, jól termékenyülnek, a csutka vékony, piros színű. Alkalmazkodó képessége nagyon jó, szárazságtűrése érscsoportjában kiemelkedő. Eltérő termőhelyi adottságoknál is eredményesen termesztendő. A nem fertőzött kukoricaszemek *Fusarium sp.*-től való mentességét előzetes mikrobiológiai vizsgálatokkal igazoltuk. A vetést a kukoricaszemek felületi fertőtlenítését követően végeztük el, 3–4 cm-re (steril csipesszel helyeztünk be 20 magot egy tenyészedénybe). A csíráztatáshoz felhasznált magok fertőtlenítése baktericid, fungicid oldatban történt, (vagyis 10 percig Neomagnolos oldatban ráztattuk), majd még 2-szeri öblítést végeztünk. A csíráztatás szobahőmérsékleten 22 ± 2 °C-on, minden esetben 6 napig tartott a talaj hőmérséklet alapján, amit kísérletek beállítása előtt lemértük. A csírázási idő elteltével a csírákat kiszedtük, megtisztítottuk illetve lemértük. Az eredményeket háromféle módon értékeltük ki. Az egyes kezelések csíráképeségét a kontroll százalékában (%) kifejezve vizsgáltuk, aztán a Németh-féle minősítés (1988) szerint értékeltük a gyökerek hosszát, illetve általános statisztikát is végeztünk. A fent említett minősítés szerint ha a gyökerek hosszának %-os értéke 0–5, akkor igen mérgező, ha 6–50 akkor mérgező, ha 51–90 kissé mérgező, ha 91–120 nem mérgező, 120 felett pedig a serkentő kategóriába esik. Továbbá Tukey-féle varianciaanalízist használtunk az egyes kezelések közötti szignifikáns különbségek, azaz a DON toxin csírázásra gyakorolt ökotoxikológiai hatásának kimutatására.

A kísérlet során felhasznált hidrolizált termék jellemzői

A fermentált végtermékből nem állt rendelkezésünkre megfelelő eszköz a toxin mennyiségének meghatározására, ezért az anaerob hidrolízis modellezése vált szükségessé, amely során 4 napos inkubáció történt 38 °C-on. A kontroll hidrolizált termék 500 ml steril ioncserélt vizet és 25 g kukoricadarát tartalmazott, illetve a K1-es hidrolizált termék 490 ml steril ioncserélt vízből, 25 g kukoricadarából és 10 ml gombaszuszpenzióból tevődött össze. A K1-es beállítás esetén a gombasejtszám $2,2 \cdot 10^8$ volt. A K2-es kezelésben a K1-es sejtszám 5-szöröse, a K3-as kezelésben pedig 10-szerese volt. Az utóbbi két beállítás végtermékét nem vizsgáltuk a csíranövény teszt során, mert bepenészedtek. Ennek valószínűleg az volt az oka, hogy az alapanyagként felhasznált kukorica nagymértékű fertőzöttségét sterilizálással nem sikerült megszüntetni. A mikroszkópos azonosítás során *Aspergillus sp.* penészgombák jelenlétét tapasztaltuk a K2-es és a K3-as hidrolizált termékben. A továbbiakban a kukoricadara

és a víz együttes fertőtlenítését tervezzük autoklávban. A hidrolizált termékekben előzetesen különválasztottuk a szűrletet és a szilárd fázist. A kontrollból és a K1-esből a szűrletet és szuszpenziót alkalmaztuk és ezt kevertük a kvarchomokhoz. A csíráztatás az előzőekhez hasonlóan történt.

DON toxin meghatározás ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) módszerrel

Az alapanyagként használt kukorica, a fermentlé és a hidrolizált termék DON toxin tartalmának meghatározása ELISA módszerrel történt (kit RIDASCREEN® FAST DON R5902). A vizsgálatokat a nyírbátori regionális biogázüzem központi laboratóriumában végezték. Az ELISA Microplate Reader fotométerrel csatlakozik egy számítógéphez, így a mérést követően mutatja a mintában lévő DON toxin mennyiségét (ppm-ben). A mért adatokat a rendelkezésünkre bocsátották.

A fuzáriummal fertőzött mag csírázási képességének vizsgálata

A fuzáriummal fertőzött, illetve nem fertőzött kukorica csírázási erejének mértékét úgy kívántuk meghatározni, hogy beállítottunk egy kontroll tenyészedényt, amely csak kvarchomokot tartalmazott és ebbe helyeztük a fuzáriummentes szemterméseket, az előzetesen fertőzött magokat pedig egy másik tenyészedénybe. A csíráztatás 2 hétig tartott, csak vízpótlás történt minden nap. A *Fusarium*-os fertőzés százalékos megállapításának módszere a Hiltner-féle mértékfokozat szerint történt (1. táblázat), amely kifejezi a magvak százalékat és a fertőzés intenzitását is (Radulescu és Negru, 2010).

1. táblázat

A fuzáriumos fertőzés intenzitása

Fuzáriumos fertőzés %-ban(1)	Fertőzés intenzitása(2)
1–2%	Elhanyagolható fertőzés(3)
2–5%	Kevés fertőzés(4)
5–10%	Valamivel több fertőzés(5)
10–20%	Közepes fertőzés(6)
20–30%	Közepesnél erősebb fertőzés(7)
30–50%	Erős fertőzés(8)
50%	Nagyon erős fertőzés(9)

Table 1: The intensity of *Fusarium* infection

Fusarium infection in %(1), Intensity of infection(2), Negligible infection(3), Few infection(4), Slightly more infection(5), Moderate infection(6), Powerful medium of infection(7), Strong infection(8), Very strong infection(9)

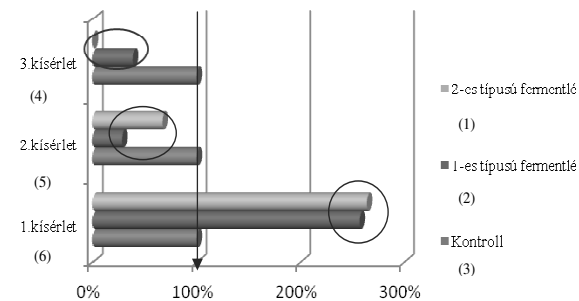
EREDMÉNYEK

A fermentlé csírázásra gyakorolt hatásának meghatározása

Az első kísérlet alkalmával a fuzáriummal fertőzött és nem fertőzött fermentlé csírázásra gyakorolt hatását kívántuk meghatározni. Ennek érdekében beállítottunk

1-es, illetve 2-es típusú fermentlevet tartalmazó tenyészedenyeket, valamint egy kontroll edényt. Az 1. ábrán látható, hogy a csíranövények milyen arányban keltek ki (mind a három kísérletben) a kontrollhoz képest. Az első kísérletben a kontrollhoz képest az 1-es és a 2-es típusú fermentlé is serkentően hatott a kukorica csírázására. Ennek az lehetett az oka, hogy a vetésmélység nem volt mindenhol egyforma, valamint ebben a kísérletben a csíráztatás még humuszos homoktalajon történt, a kontrollban nem volt értékelhető az eredmény, valószínűleg a talaj terheltsége miatt. Emiatt váltottunk a további kísérletek során standard kvarchomokra.

1. ábra: A fuzáriummal fertőzött és fuzáriummentes fermentlé csírázásra gyakorolt hatása



Forrás: saját forrás

Figure 1: Effect of end product of biogas production on germination (in case of type 1, type 2 and control)

End product of biogas fermentation type 2(1), End product of biogas fermentation type 1(2), Control(3), Third experiment(4), Second experiment(5), First experiment(6), Source: own source

A második kísérletben tovább vizsgáltuk a korábban alkalmazott fermentlevet. Az 1. ábrán jól megfigyelhető, hogy a kontrollhoz viszonyítva az 1-es típusú fermentlé felhasználásakor 72%-kal, míg a 2-es típusú fermentlé felhasználásakor 33%-kal kevesebb növény csírázott ki. Ennek az lehetett az oka, hogy a hosszú tárolási idő miatt (3 hónap) olyan anyagok keletkeztek a fermentlében, amelyek gátlóan hatottak a csírázásra.

A harmadik kísérlet annyiban különbözött a két korábbiól, hogy míg az első és második kísérletben a májusban készült fermentlevet, addig a harmadik kísérletben a márciusban készült fermentlevet vizsgáltuk. A májusi fermentlé serkentő hatását statisztikailag nem tudtuk igazolni. A tárolás során csírázás gátló anyagok halmozódhattak fel a fermentlében, ezért vált indokolttá a márciusi fermentlé felhasználása, hogy megvizsgáljuk valóban van-e összefüggés a gátló hatás és a tárolási idő között. Az 1. ábra alapján megállapítható, hogy a kontrollhoz képest az 1-es típusú fermentlevet tartalmazó edényekben 61,5%-kal kevesebb volt a csírázás mértéke, míg a 2-es típusú fermentlevet tartalmazó edényekben egyáltalán nem csírázott ki a kukorica. Ennek feltehetően az volt az oka, hogy 5 hónapig tárolt fermentlevet használtunk fel a kísérlet beállítása során, és valószínűleg a hosszú tárolási idő alatt olyan anyagok keletkeztek, amelyek erősen gátló hatást fejtettek ki a csírázásra. A Németh-féle minősítés és átlagos statisztikai értékelés eredményeit foglaltuk össze a 2. táblázatban.

A gyökerek átlagos hosszának minősítése a kontroll százalékában illetve az általános statisztikai eredmények

Bekeverés típusa(7)	Gyökerek átlagos hossza a kontroll %-ában(8)	Minősítés(9)	Medián(14)	Módusz(15)	Átlag(16)	Szórás(17)
1. kísérlet(1) Kontroll(4)	100,0	Nem mérgező(10)	8,00	8,00	7,99	4,15
1-es típusú fermentlé(5)	102,5	Nem mérgező(10)	8,80	11,90	9,24	3,42
2-es típusú fermentlé(6)	101,8	Nem mérgező(10)	8,40	4,40	8,99	3,73
2. kísérlet(2) Kontroll(4)	100,0	Nem mérgező(10)	13,60	13,60	13,37	3,61
1-es típusú fermentlé(5)	28,0	Mérgező(11)	5,30	5,30	5,45	2,56
2-es típusú fermentlé(6)	67,0	Kissé mérgező(12)	8,45	9,30	8,73	4,45
3. kísérlet(3) Kontroll(4)	100,0	Nem mérgező(10)	18,10	5,50	17,97	7,11
1-es típusú fermentlé(5)	38,5	Mérgező(11)	9,35	0	10,50	5,58
2-es típusú fermentlé(6)	0	Igen mérgező(13)	0	0	0	0

Table 2: Average length of roots as a percentage of control and result of average statistics

Control(1), End product of biogas fermentation type 1(2), End product of biogas fermentation type 2(3), First experiment(4), Second experiment(5), Third experiment(6), Type of mixing(7), Average length of roots as a percentage of control(8), Classification(9), Non-toxic(10), Toxic(11), Slightly toxic(12), Highly toxic(13), Median(14), Modus(15), Mean(16), Standard Deviation(17)

A Tukey-féle variancia analízis alapján nem volt szignifikáns különbség a különböző kezelések között az első és a harmadik kísérletben, tehát statisztikailag nem volt igazolható a csírázásra kifejtett serkentő vagy gátló hatás. A második kísérletben volt szignifikáns különbség a kontroll illetve az 1-es és 2-es típusú fermentlevet tartalmazó kezelések között, így statisztikailag bizonyítható volt a fermentlevék csírázásra gyakorolt gátló hatása (3. táblázat). Ennek valószínűsíthetően az lehet az oka, hogy a fermentlében a tárolás során olyan anyagok keletkeztek, amelyek gátló hatást fejtenek ki a csírázásra.

3. táblázat

Tukey-féle variancia analízis eredményei a második kísérletben

Bekeverés típusa(1)	Kukorica(5)
1-es típusú fermentlé(2)	4,42 ^a
2-es típusú fermentlé(3)	5,85 ^a
Kontroll(4)	12,09 ^b

Megjegyzés: *azonos betűindexhez tartozó értékek közt nincs szignifikáns eltérés (P<0,05)

Table 3: Results of Tukey's variance analysis in the second experiment

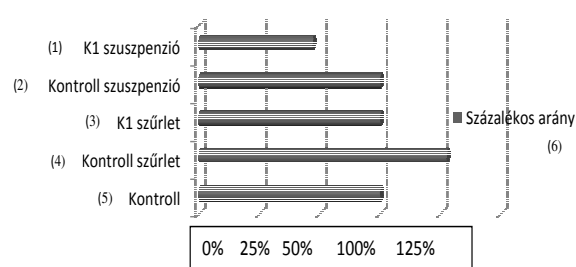
Type of mixing(1), End product of biogas fermentation type 1(2), End product of biogas fermentation type 2(3), Control(4), Maize(5), Note: there was no significant difference between values of the same stave.

A hidrolizált termék csírázásra gyakorolt hatásának vizsgálata

A hidrolizált termék csírázásra gyakorolt hatását a 2. ábra szemlélteti. A kontrollhoz képest a kontroll szűrletet tartalmazó tenyészedényben 5,5%-kal több kukorica csírázott ki. Ez volt az egyetlen serkentő eredmény. A többi bekeverésben, ugyanakkora volt a csírázás mértéke, mint a kontrollban. A K1 szuszpenzió esetében pedig még 6%-kal kevesebb növény csírázott ki.

2. ábra: A hidrolizált termék hatása a csírázásra

Figure 2: Effect of the hydrolyzed product on germination



K1 suspension(1), Control suspension(2), K1 filtrate(3), Control filtrate(4), Control(5), Percentage(6)

A gyökérhosszok minősítése alapján kiderült, hogy minden bekeverés a nem mérgező kategóriába esett. A gyökérhosszok minősítését és az általános statisztikai értékelés eredményeit a 4. táblázatban szemléltettük.

Ahogy az az 5. táblázatban is látható a Tukey-féle variancia analízis alapján megállapítható, hogy a kontroll illetve a kontroll szűrlet és szuszpenzió között szignifikáns különbség van. Az eredmények alapján statisztikailag nem különböznek egymástól, azonban a kontroll illetve a fuzárium mentes szűrlet és szuszpenzió jelentős eltérést mutat, amelynek oka feltehetően a hidrolizálás során esetlegesen feltáródó tápanyagok jelenléte. Figyelembe véve azt, hogy a kezelt és a kezeletlen szűrlet és szuszpenzió között szignifikáns különbség nem állapítható meg, hogy a DON toxin milyen hatással bír a csírázásra. A számszerű adatok azonban minimális gátló hatást engednek feltételezni, ennek igazolására további vizsgálatokat tervezünk elvégezni.

A DON toxin mérés eredményei

Az ELISA előkészítése során szűrletből lehet meghatározni a toxint, ezért csak az ebből származó adatok állnak a rendelkezésünkre. A kiindulási kukoricadarabban 1,08 ; a kontroll szűrletben 1,05 ; a K1 szűrletben pedig 1,18 mg/kg volt a mért toxin értéke.

A gyökerek átlagos hosszának minősítése a kontroll százalékában és az átlagos statisztika eredménye

Bekeverés típusa(1)	Gyökerek átlagos hossza a kontroll %-ában(7)	Minősítés(8)	Medián(9)	Módusz(10)	Átlag(11)	Szórás(12)
Kontroll(2)	100,0	Nem mérgező(13)	13,60	13,6	13,37	3,61
Kontroll szuszpenzió(3)	100,0	Nem mérgező(13)	17,95	18,0	16,80	3,88
K1 szuszpenzió(4)	94,4	Nem mérgező(13)	14,00	13,0	15,13	4,16
Kontroll szűrlet(5)	105,5	Nem mérgező(13)	15,40	15,2	15,39	4,71
K1 szűrlet(6)	100,0	Nem mérgező(13)	15,75	13,5	15,14	3,47

Table 4: Average length of roots as a percentage of control and result of average statistics

Type of mixing(1), Control(2), Control suspension(3), K1 suspension(4), Control filtrate(5), K1 filtrate(6) Average length of roots as a percentage of control(7), Classification(8), Median(9), Modus(10), Mean(11), Standard deviation(12), Non-toxic(13)

5. táblázat

Tukey-féle variancia analízis a hidrolizált termék esetében

Bekeverés típusa(1)	Kukorica(7)
Kontroll(2)	12,09 ^a
K1 szűrlet(3)	14,10 ^{ab}
K1 szuszpenzió(4)	14,75 ^{ab}
Kontroll szűrlet(5)	16,33 ^b
Kontroll szuszpenzió(6)	17,18 ^b

Megjegyzés: *azonos betűindexhez tartozó értékek közt nincs szignifikáns eltérés (P<0,05)

Table 5: Results of Tukey's variance analysis in the case of hydrolysed product

Type of mixing(1), Control(2), K1 filtrate(3), K1 suspension(4), Control filtrate(5), Control suspension(6), Maize(7), Note: there was no significant difference between values of the same staveve.

A fuzáriummal fertőzött, illetve nem fertőzött kukorica csírázási erejének mértéke

Fuzáriummal fertőzött és nem fertőzött kukorica szemtermés csírázási erejének összehasonlítása céljából megfertőztük a növénymagot a *Fusarium graminearum* Schwabe F. 00970 gombatorzsszel, amely a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből (MIMNG) származott. Az 1 hét alatt Papavizas folyékony táptalajban felszaporodott sejtek Bürker-kamrás sejtszámlálásának eredményeként megkaptuk, hogy az összes sejtszám a minta 1 ml-ében $6,4 \cdot 10^7$ -en. A kísérlet során a fuzáriummal fertőzött kukorica szemtermések a nagymértékű fertőzöttség következtében nem csíráztak ki, állagukban károsodtak, könnyen szétmorzsolódtak, azonban a fuzáriummentes kukorica kicsírázott. A Hiltner-féle minősítés szerint ebben a kísérletben mindegyik szemtermés a nagyon erősen fertőzött kategóriába esett, mivel több mint 50%-os volt a fertőzés mértéke.

KÖVETKEZTETÉS

A fuzárium és a DON toxin mennyiségének meghatározása során nem volt egyértelműen megállapítható a fuzáriummentes és a DON toxinnal terhelt kukoricát tartalmazó fermentlé csírázásra gyakorolt ha-

tása. A továbbiakban tervezzük olyan kísérlet beállítását, amelyben a minimális tárolási idő elteltével használjuk fel a vizsgálni kívánt fermentlevet. Ezen kívül még olyan kísérleti beállítást is szeretnénk megvalósítani, amelyben vizsgáljuk azt, hogy az adott időpontban elkészült fermentlé a tárolás során milyen változásokon megy keresztül és ez hogyan hathat a csírázásra.

A hidrolizált termék csírázásra gyakorolt hatása nem volt kiemelkedő, mivel nem fejtett ki serkentő hatást, azonban kis mértékű gátló hatás volt megfigyelhető a fuzárium és DON tartalmú szűrlet esetén. Olyan kísérleteket tervezünk, melyben a gomba számára szükséges tápanyagokat biztosítjuk (pl. gombatáptalaj használata steril víz helyett), valamint a 25 és 38 °C-os aerob és anaerob körülményeket. Ezután pedig biogáz-termelésre jellemző szubsztrát analógok például húslé, valamint olyan toxintermelést indukáló anyagok felhasználását tervezzük, amelyek a biogáz-termelés esetén jelen lehetnek (pl. különböző szén és nitrogénforrások).

A fuzáriummal fertőzött DON toxint tartalmazó kukorica szemtermésének csírázási erejének összehasonlító vizsgálata során a fuzáriummal fertőzött kukorica szemtermése egyáltalán nem csírázott ki. A nagymértékű fertőzöttség miatt a kukorica szemtermés állagában szétroncsolódott, egyértelmű volt a nagyon erős fertőzés. További vizsgálatokat szeretnénk végezni annak megállapítására, hogy más típusú hibridek esetén mekkora lenne a fertőzés, ezzel esetleg egy fuzáriummal szemben ellenállóbb kukorica hibrid vizsgálatát célozzuk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnénk megköszönni dr. Petis Mihálynak, a Bátor Trade Kft. ügyvezető igazgatójának, hogy rendelkezésünkre bocsátották a fermentléhez szükséges alapanyagokat, illetve a szükséges adatokat.

A kutatás a Baross Gábor K+F projekt (BAROSS-POTOABIT-REG_EA_KFI09) támogatásával valósult meg.

A prezentáció elkészítését a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Békési P. (2010): Ismét a kalászfuzáriózisról. *Agrofórum*. 21. 1: 53–56.
- Biró Gy.–Tamás J.–Borbély J.–Mézes L.–Hunyadi G. (2012): Mikotoxin-termelő *Fusarium* fajok okozta káros környezeti hatások csökkentésének lehetőségei. *Agrártudományi Közlemények*. 50: 159–164.
- Halász Á.–Valovics A. (2012): A magyarországi őszi búza tételek *Fusarium*-fertőzöttség felmérésének eredményei 2011-ben. *Agrofórum*. 23. 4: 28–31.
- Kovács F.–Biró G. (2002): Élelmiszer-biztonság az EU-szabályozás függvényében. *Magyar Tudományos Akadémia*. Budapest. 53–54.
- Mézes M.–Balogh K.–Tóth K. (2010): A takarmány alapanyagok mikotoxin tartalmának és mikotoxin szennyezettség által előidézett toxikus hatások mérséklésére alkalmas megelőző módszerek. [In: Kovács M. (szerk.) *Aktualitások a mikotoxin kutatásban*.] 141.
- Németh J. (1998): A biológiai vízminősítés módszerei. *Környezetgazdálkodási Intézet*. Budapest. 230–232.
- OECD (1984): Organization for the Economic Cooperation and Development.
- Radulescu, E.–Negru, A. (2010): Indrumator pentru determinarea bolilor si daunatorilor la seminje. *Agro-Silvicia*. Bucuresti. 32–33.
- Tamás, J.–Mézes, L.–Biró, Gy.–Nyírcsák, M.–Borbély, J. (2012): Fuzzy system to optimize the anaerobic digestion in biogas reactors. [In: 8th International Conference. Global assessment for organic resources and waste management.] Rennes. France. 35–39.
- USEPA (1996): United States Environmental Protection Agency.
- USFDA (1984): United States Food and Drug Administration.