



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus**

Vadgazdamérnök Msc.

**Mikotoxin terheltség és fiziológiás elváltozások
összefüggés vizsgálata dámszarvasokban (*Dama dama*)**

Témavezető: Dr. Ferencziné Dr. Szőke Zsuzsanna

Tudományos főmunkatárs

Társ témavezető: Lakatos István

tájéegységi fővadász, PhD hallgató

Intézet: Genetika és Biotechnológia Intézet,

Állatbiotechnológia Tanszék

Készítette: Pálfiné Lábadi Anikó

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	4
2. Célkitűzések	6
3. Rövidítések jegyzéke	7
4. Szakirodalmi áttekintés.....	8
4.1. A dám (<i>Dama dama</i>)	8
4.1.1. Rendszertani besorolása.....	8
4.1.2. Elterjedése	8
4.1.3. Általános jellemzése.....	10
4.1.4. Élőhely választása	10
4.1.5. Táplálkozása	11
4.1.6. Emésztése és anyagcseréje	13
4.2. Mikotoxinok, és azok keletkezése.....	14
4.3. A mikotoxinok hatása az állatokra	18
4.4. Mikotoxinok	20
4.4.1. Fumonizinek.....	20
4.4.2. T-2 toxin, DON.....	20
4.4.3. Zearalenon	21
4.4.4. Aflatoxinok.....	24
4.5. Mikotoxinok a dámszarvasokban (<i>Dama dama</i>).....	26
5. Anyag és módszer	28
5.1. Mintavételezés.....	28
5.2. Minták előkészítése.....	28
5.3. Immunoassay vizsgálatok	29
5.4. Zearalenon mérése	29
5.5. Aflatoxin mérése	30
5.6. Deoxynivalenol (DON) mérése	31
5.7. Fumonizin B1 (FB1) mérése	31
5.8. Adatelemzés	32
6. Eredmények és értékelésük	33
6.1. Dámbikák eredményeinek összehasonlítása egészséges és agancstó sérült bontásban .	33
6.2 A testtömeg és az egyes mikotoxinok közötti korreláció vizsgálat eredménye	37
6.3 A tesztoszteron szintet befolyásoló mikotoxin hatások vizsgálata	38
6.4. A dámbikák mikotoxin koncentráció eredményeinek korcsoportonkénti összehasonlítása	40
6.5. Az izomban mért AF koncentráció mérés eredménye.....	46

6.6. A dámtarvadakban mért mikotoxin koncentráció eredmények.....	47
7. Következtetések és javaslatok	50
8. Összefoglalás	56
9. Köszönetnyilvánítás.....	58
10. Irodalom jegyzék	59

1. BEVEZETÉS

Tagsággal rendelkezem a Balotaszállás közigazgatási területén belül gazdálkodó Rákóczi Vadásztársaságnál, illetve 2020. novembere óta hivatásos vadászként, szakmai szakirányítóként dolgozom a Zsana közigazgatási területén gazdálkodó Zsanai Vadásztársaságnál. A két terület közvetlenül határos egymással, mindkét terület – gazdasági szempontból – legfontosabb nagyvadfaja a dám. A 2019/2020-as vadászidényben egy igen gyenge barcogás után kezdtem el figyelni a terítékre került tarvadak vemheit, melynek során lettem figyelmes arra, hogy a viselt vemhek fejlettségi állapota az azonos időben, vagy csak egy-két napos különbséggel terítékre hozott egyedekben erősen eltérő. Az eltérések mértéke meghaladta a korkülönbségből adódó különböző vemhesülési időponttal – idősebb tehenek előbb folytatnak a fiatalabb teheneknél, ünőknél – magyarázható különbségeket.

1. sz. fotó: 2019.02.05-én vizsgált tarvadak magzatai:



Készítette: Pálfiné Lábadi Anikó

2. sz. fotó: 2019.02.08-án vizsgált tarvadak embriói:



Készítette: Pálfiné Lábadi Anikó

A tapasztalt eltérések felkeltették érdeklődésemet és felvettem a kapcsolatot az akkor Zsanán dolgozó, illetve a Rákóczi Vadásztársasággal határosan gazdálkodó KEFAG Zrt. hivatásos vadászaival, kértem, hogy a terítékre hozott tarvadak ivarszerveit bocsássák rendelkezésemre.

Az eltéréseket ezen területek vonatkozásában is tapasztaltam, de különböző mértékben.

A KEFAG Zrt. hivatásos vadásza hívta fel a figyelmemet egy, a dámbikák agancstő rendellenességét vizsgáló kutatásra, amit Lakatos István tájegységi fővadász végzett, mely kutatás az addigi állása szerint magyarázattal szolgálhatott az általam észlelt jelenségre.

Felvettem a kapcsolatot a Tájegységi Fővadász úrral, és mintákat biztosítottam számára a kutatáshoz, hogy választ kaphassak a felmerült kérdésekre. Azóta folyamatosan nyomon követem a kutatás eredményeit, részt veszek a kutatási eredményeket bemutató előadásokon. A kutatási eredmények mai állása szerint a dámok agancstő rendellenességét és szaporodásbiológiájuk elváltozásainak okozói a különböző mikotoxinok szervezetükben való felhalmozódása, és az ennek hatására bekövetkező különböző betegségek (heregyulladás, hormonháztartásbeli rendellenességek stb.)

2 éve tapasztaltam a zsanai területen mind a dámszarvasok (*Dama dama*), mind pedig az őzek (*Capreolus capreolus*) esetében, hogy a testtömegük jelentősen megnövekedett az előző évihez képest, a 70 kg zsigerelt testtömeggel rendelkező terítékre került bikák aránya 13%-ról 28 %-ra emelkedett, mely bikák terítékre kerülésének ideje közel azonos arányban oszlik meg a barcogás ideje alatt a két évben; a tarvadak is szemmel láthatóan nagyobb testtel rendelkeznek. Őzek esetében az eddig terítékre került suták 30%-ánál észleltünk 15-20%-os testtömeg növekedést a megszokott testtömeghez képest, ami arra enged következtetni, hogy a dámok testtömeg változása nem fajspecifikus okokra vezethető vissza.

2. Célkitűzések

1. A dolgozatban célom a releváns mikotoxinok feltérképezése elsősorban azok keletkezése, csoportosítása, illetve állategészségügyi hatásaik megismerése, különös tekintettel a zearalenonra szakirodalmi források alapján.
2. A kutatás alá vont dám egyedek mikotoxin terheltségének és egyes hormonjaik szintjének vizsgálata.
3. Összefüggés keresése a dámok testtömegnövekedése és zearalenon mikotoxin kitettség között.
4. Összefüggések vizsgálata a kutatásba vont egyedek testtömeg alakulása, a bikák tesztoszteron szintjének alakulása és a különböző mikotoxinok májban és bélsárban mért koncentrációja között

3. Rövidítések jegyzéke

AF-	aflatoxin
AFL	aflatoxikol
AFLA-HRP	aflatoxin konjugált szintetikus antigén
DNS	deoxyribonukleinsav
DON	deoxynivalenol
DON-HRP	deoxynivalenol konjugált szintetikus antigén
EE2	ethinylestradiol/etinilösztadiol
ELISA	enzyme-linked immunoassay/enzimhez kötött immunszorbens próba
FB1	fumonizin
LH	luteinizáló hormon
MATE SzIC MÁB	Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottság
ME	metabolikus energia
OD	optical density/ optikai denzitás
OTA	ochratoxin-A
RNS	ribonukleinsav
ssp.	species/fajok
T-2	trichotecén toxin
ZAL	zearalanol
ZEA	zearalenon
ZEL	zearalenol

4. Szakirodalmi áttekintés

4.1. A dám (*Dama dama*)

4.1.1. Rendszertani besorolása

Törzs:	Gerinchúrosok (<i>Chordata</i>)
Altörzs:	Gerincesek (<i>Vertebrata</i>)
Főosztály:	Négy lábúak (<i>Tetrapoda</i>)
Osztály:	Emlősök (<i>Mammalia</i>)
Alosztály:	Eleven szülő emlősök (<i>Thelia</i>)
Alosztályág:	Méhlepényesek (<i>Placentalia</i>)
Csoport:	Patások (<i>Ungulata</i>)
Rend:	Párosujjúak (<i>Artiodactyla</i>)
Alrend:	Kérődzők (<i>Ruminantia</i>)
Család:	Szarvasfélék (<i>Cervidae</i>)
Nem:	Dámszarvasok (<i>Dama</i>)
Faj:	Európai dām vad (<i>Dama dama</i>) (Benge, 2002)

4.1.2. Elterjedése

Az európai dámszarvas – neve ellenére – a világ számos helyén megtalálható.

A kövületek, és a feljegyzések szerint azonban Eurázsián kívül egyáltalán nem őshonos, és Európában sem volt jelen a faj folyamatosan.

Az európai dámszarvas legismertebb fosszilis leletei, amelyek a ma élőkhöz hasonlóak a Clacton szarvas leletek, melyek 250000 évesek. Ezek a szarvasok nagyobbak voltak, mint a napjainkban élő dáмок, méretükben hasonlóak voltak a gímszarvashoz (*Cervus elaphus*).

Későbbi maradványait azonban nem találták, ezért úgy gondolják, hogy 180 000-130 000 évvel ezelőtt kihaltak Európában.

100000 évvel ezelőtt települt vissza. Az ebből az időből származó fosszilis fogmaradványok mérete a mai dámszarvasok és a Clacton-dám fogmérete közötti. Ez arra utal, hogy a ma láthatóknál valamivel nagyobb testalkatú szarvasok Európa nagy részén éltek abban az időszakban. Feltételezik, hogy ennek az ősi szarvasnak a második kihalása is bekövetkezett az utolsó eljegesedés során (a pleisztocén korszak vége, 70 000-10 000 év), mivel nem találtak megbízható maradványokat mezolitikus és neolitikus lelőhelyekről. Ezt a kihalást követően a dámszarvast az ember telepítette vissza a középkorban. A franciák, rómaiak, és a normannok. Úgy gondolják, hogy az összes, Európában szabadon élő dámszarvas ebből a középkori újbóli betelepítésből származik, melyek többnyire vadasparkokba történtek, azokból szabadultak ki a mai állomány ősei. (Benge, 2002)

Hazánkba – Mátyás király idején – vadaskertek díszeként került, majd állandóan vadászható vaddá sokasodott. (Elek et al 2010.) A dámszarvas (*Dama dama*) becsült állomány nagysága Magyarországon 2023-ban 46.000 egyed volt az Országos Vadgazdálkodási Adattár adatai szerint.



1 Természetes

2 Feltehetően természetes

3 Korai emberi betelepítés

4 Modern kori betelepítés

1. sz. ábra Dám elterjedési területe

Forrás: Wikipédia

4.1.3. Általános jellemzése

A gímszarvasnál (*Cervus elaphus*) zömökebb, lábai rövidebbek, teste mégis arányos felépítésű. A kifejlett bika marmagassága legfeljebb 90 cm, a tarvad kb. 20-30 cm-rel alacsonyabb, kisebb testfelépítésű. Színezetét tekintve legelterjedtebb változata az ún. vadas színváltozat, mely rozsdavörös alapon rendszertelenül elhelyezett fehér pöttyöket tartalmaz. A nyak és a hát közepén sötétebb sáv, a hátcsík vonul, amely a farok (legyező) előtt kettéválva a fehér „tükör” szegélyét alkotja. A mell alsó része, a lábszárak és a farok belső felülete fehér. (Szabolcs J. 1968.) Az ezen kívül előforduló fehér színváltozat teljes egészében fehér szőrrel rendelkezik, a fekete színváltozat esetében a mell alsó része, a lábszárak és a farok belső felülete barnás színezetű, a többi rész egy színű, fekete.

A dám legáltalánosabb jellemzője a lapátos agancs, melyet kizárólag a bikák növesztenek és évente elvetnek.

Szaporodási időszaka a barcogás, melynek csúcsa október végére, november elejére esik. A tehének vemhességi ideje 225-230 nap, egyet ellő faj. (Szabolcs J. 1968.)

Barcogáskor a középkorú és öreg bikák, a tehének és az ünők felkeresik a barcogóhelyeket. A barcogási időszakot leszámítva, a két ivar nem alkot egy csapatot, a bikák és a tarvadak külön töltik az év jelentős részét. A tarvad rudlik többnyire egy családot alkotnak, melyet a második, esetleg harmadik évet elérő bikák már elhagynak.

Vándorlásaik általában öt kilométeres körzeten belüliek, messzebbre csak nagyon ritkán mozog a dám.

A dám életterének megfelelő talaj a homok, a lösz és esetleg a kavics. A hegyvidéket kerüli, a magas és hosszantartó hótakarót nem bírja, kerüli a mély fekvésű, vizes talajokat. (Szabolcs J. 1968.)

4.1.4. Élőhely választása

A dám a cserjeszinttel rendelkező lombhullató vagy vegyes erdőket preferálja, de elfoglalja a tűlevelű erdőket is szükség esetén. Aktuális élőhelyét a takarmányforrás éves alakulásának megfelelően változtatja.

Megállapították, hogy a dám szeptembertől március/áprilisig a lombhullató erdőket részesíti előnyben élőhely választáskor, és a nyílt élőhelyeket, úgymint legelők, kaszálók, szántók májustól július/augusztusig biztosítanak számára élőhelyet. (Benge,2002) Őszi/téli időszakban

a zárt fenyvesek, lombhullató sarjasok biztosítanak számára élőhelyet, a téli időszakban a mesterséges etetőhelyek környékén lévő, búvóhelyet biztosító erdőkben koncentrálnak.

4.1.5. Táplálkozása

Nagyvadfajaink közül az egyik legigénytelenebb a táplálkozását tekintve.

A Gödöllői-dombvidéken az őszi időszakban végzett táplálkozás vizsgálatok azt mutatták, hogy a dám legfontosabb tápláléknövényei ebben az időszakban a fásszárúak közül a fenyőfélék (*Pinus spp.*) és az akác (*Robinia pseudoacacia*), lágyszárúak közül a lucerna (*Medicago sativa*), egyéb kétszikűeket, egyszikűeket fogyasztottak közel azonos arányban. Mellette szedret (*Rubus spp.*), egyéb fásszárút kisebb arányban, tölgyet (*Quercus spp.*) és *Prunus* fajokat 1-1%-ban fogyasztottak a vizsgált egyedek. (Mátrai, 1994.)

Étrendjük több, mint 60%-a fűféle március és szeptember között, és a fennmaradó időszakban is akár 20%-ot kitesz. Ennek a fajnak a bélszerkezete és fiziológiája ehhez az étrendhez igazodik. (Benge 2002.)

Bruno és Apollonio (1991.) a táplálék elemzését 13 kifejlett, késő tavasszal és kora ősszel terítékre hozott dámbika bendőtartalmának elemzésével végezte. Vizsgálatukban mind a száraz tömeg, mind a takarmánykomponensek gyakoriságának mérése a fa- és cserjefajok nagy jelentőségét mutatta tavasszal és ősszel egyaránt. Ha csak a gyakoriságot mérték volna, arra a következtetésre jutottak volna, hogy a füvek a dámszarvas étrend legfontosabb összetevői, de mindkét módszer alkalmazása azt mutatta, hogy a fontossági sorrendben az első 4 faj a fák és cserjék közül kerültek ki, mind összességében, mind pedig a szezonális táplálékban. Vizsgálati területükön a lombhullató és a tűlevelű erdők a domináns élőhely növényzet típusok, így a fák és cserjék magas előfordulása az étrendben ennek a növényi anyagnak a magas hozzáférhetőségéből adódik. Bár a fa- és cserjefajták adták a fő súlykomponenst, tavasztól őszig mind számbeli gyakoriságukban, mind szárazanyagsúlyban csökkentek. Hasonló szezonális eltérést mutattak a pillangósok. Ezzel szemben a lágyszárúak fogyasztása ősszel nőtt (gyakoriságban és súlyban is): az ezzel a táplálékkal való takarmányozás valószínűleg kompenzálta a többi erőforrás elérhetőségének csökkenését. A pillangósok niche átfedési indexe a lehető legmagasabb értéket mutatta a két félév között, ami arra utal, hogy ennek az élelmiszer-kategóriának a felhasználása a változó elérhetősége ellenére is hasonló. Úgy tűnik, hogy ezt a táplálékot a dámszarvas tudatosan választja ki, valószínűleg azért, mert a pillangósok leveleinek magas tápértéke (magas fehérjetartalom és emészthetőség) serkentő hatással van a kérődzésre. A dámbika tápláléka mind faji sokféleségben, mind tápértékben gazdagabb volt

tavaszi végén. Ez az eredmény azért fontos, mert ebben az évszakban a bikák agancsa teljes növekedésben van, és ezeknek a bikáknak a fő táplálkozási szükséglete a megnövekedett fehérjeadag.

Benge (2002.) a dám táplálékát bélsár mikrohisztológiai technikákkal vizsgálta. Két dámszarvas élőhelyet (Brinken és Denny Lodge) választott ki. Az egyes helyeken az étrend összetételét 12 hónapig rögzítette, majd ezt követően hat két hónapos blokkra osztotta. Az elfogyasztott növényfajták számát, az egyes növényfajok előfordulását és mennyiségét minden egyes helyen kéthavonta rögzítette. A két dámszarvas élőhely szignifikáns különbséget mutatott az elfogyasztott növényfajok számában és előfordulásában. Az adatok egyértelműen azt mutatták, hogy a dám tápláléka az élőhelyétől függ. A dám a mohát télen/kora tavasszal részesítette előnyben a magyallal Brinkenben és fenyővel a Denny Lodge-ban. Később tavasszal/nyáron ezeket felváltotta a tölgy Brinkenben és a perjefélék a Denny Lodge-ban.

Borkowski és Obidzinski (2003.) a dámszarvas étrendjét 69 egyed bendőtartalma alapján elemezte, amelyeket október és január között gyűjtöttek be Lengyelország két területén: Ilawában, ahol télen mesterségesen takarmánykiegészítést is kapnak az állatok, és Psczynában, ahol szinte egyáltalán nem alkalmaznak téli etetést. Az táplálék összetételét mindkét területen hasonlónak találták. Kérget nagyon kis mennyiségben fogyasztottak. A mintaméret korlátai a havi táplálékösszetétel elemzését csak az ilawai adatokra korlátozták. Ezekből kiderült, hogy a graminoidok a fő takarmányforrások minden hónapban, bár a táplálékból való részesedés novemberben 56,4% és január 30,3% között mozgott. A lombhullató lombzat (21,9%) és a fűfélék (10,3%) fogyasztásának maximumát októberben jegyezték fel, majd ezt követően csökkentek ezek az arányok. A fenyő lombzat részesedése viszont nőtt októbertől (7,8%) januárig (14,5%). A mesterséges takarmánykiegészítés maximális fogyasztása januárban volt, aránya a táplálékban akkor elérte a 21,2%-ot.

Összegezve a vizsgálatokat megállapítható, hogy a dám étrendje széles spektrumú, a fásszárú növények hajtásaitól, kergétől a cserjéken, a lágyszárúakon át a fűfélékig, gyümölcsöt, gombát is fogyaszt. Rendkívül jól alkalmazkodik az aktuális élőhely által kínált lehetőségekhez. Étrendjét – az élőhelyi adottságokon túl – befolyásolják a vegetációs időszakok, illetve a különböző időszakokban (agancsfelrakás, vehem viselés, szoptatás) megjelenő speciális táplálék igények.

4.1.6. Emésztése és anyagcseréje

A kérődzők összetett gyomorszerkezettel rendelkeznek, négy kamrával. A kamrák a bendő (*rumen*), a recés (*retikulum*), ezt követi a szájrétű (*omasum*) és az oltó (*abomasum*). A táplálékot lenyelik, az bejut a bendőbe, visszakérődzik a szájba, ahol újra megrágnak és lenyelik. Ez egy folyamatos ciklus, amíg a táplálék kellően felaprózódik ahhoz, hogy átjusson a retikulumba, ahol azután fermentálódik. A bendőtartalom regurgitációját és a táplálkozás leállítását az izomfalban lévő érzősejtek szabályozzák. A retikulumba kerülve a mikroorganizmusok (baktériumok, gombák) segítik a táplálék megemésztését. A táplálék addig marad a retikulumban, amíg a növényi sejtfal cellulózját a mikroorganizmusok meg nem emésztik. Az erjesztési folyamat során illékony zsírsavak (például ecetsav) keletkeznek, amelyek könnyen felszívódnak a véráramba. A táplálékanyag ezután átjut az omasumba, majd az abomasumba, ahol a zsírok, fehérjék, egyszerű szénhidrátok és egyéb tápanyagok emésztése zajlik. A tápanyagok a vékonybél falán keresztül szívódnak fel. A mikroflóra jelenléte a kérődző gyomor fontos tényezője. A cellulóz sejtfalak lebontásával látják el az állatot a növényi sejtekből származó energia és tápanyagok nagy részével. A regurgitációs-rágás-nyelési ciklus segíti a mikroorganizmusokat azáltal, hogy növeli a rendelkezésükre álló élelmiszer felületét, javítja a keveredést és növeli a folyamat első szakaszának időtartamát, így több időt ad a mikroorganizmusok működésére. (Benge, 2002.)

A dámszarvasok – a Hoffman (1988.) besorolás szerint - a köztes evők közé tartoznak. Ezeknek a szarvasoknak fiziológiás szerkezetük a koncentrátumválogatók és a szálakarmány-/fűevők közé esik, bár hajlamosabbak az utóbbi kategóriára. Mint ilyenek, arra támaszkodnak, hogy képesek megemésztetni a cellulózt, ami tükröződik a bélfaunájukban. A dámszarvas hajlamos viszonylag nagy mennyiségű növényi anyagot felvenni és hosszabb ideig megtartani a táplálék hatékony megemésztése érdekében. Ez tükröződik a bélszerkezetük nagyobb méretében és a cellulotikus bélmikroorganizmusok magas arányán. A bendőben egyenlőtlenül oszlanak el a papillák, a nagy szájrétűben összetettebb omasalis lamellák találhatóak, és magasabb a vékonybél-vastagbél arány, mint pl. az őzben. Úgy tűnik, hogy a dámszarvas jobban alkalmazkodik a takarmányfélések elérhetőségének és minőségének szezonális változásaihoz. (Benge, 2002.)

4.2. Mikotoxinok, és azok keletkezése

A mikotoxinok olyan másodlagos anyagcsere termékek, melyeket a penészgombák termelnek, melyek főként az *Aspergillus*, *Penicillium* és *Fusarium* nemzetségekbe tartoznak. A gombák fejlődéséhez és a mikotoxintermeléshez szükséges feltételek nagymértékben függenek attól a szubsztráttól, amelyen a gombafajok növekednek. Ezenkívül az éghajlati viszonyok jelentős különbségeket eredményezhetnek a takarmányokban előforduló mikotoxinok előfordulása tekintetében, amit a földrajzi elhelyezkedés és a vizsgálati év is befolyásol.

A mikotoxinok eredeti, éghajlatonként eltérő elterjedéséhez az érintett növényfajok és az azok általi terhelésnek kitett állatfajok, illetve humán populációk hosszú évek alatt adaptálódtak. A problémát a penészgomba fajok elterjedési területének változása, növekedése, és az új elterjedési területeken megjelenő mikotoxinok okozzák, ahol a „végső fogyasztók” még nem adaptálódtak hozzájuk. A problémát azonban nem csak az újonnan megjelenő penészgombák okozzák, hanem az éghajlatváltozás következtében, a már régóta jelenlévő gombafajok is egyre többször termelnek toxinokat. A változást egyrészt a folyamatban lévő klímaváltozás, másrészt az intenzív mezőgazdálkodási technológiák okozzák. (Szemethy et al., 2021.; Plank, 2023.)

A mikotoxinok nem a klímaváltozás és egyéb jelenkori külső tényező hatására létrejött mérgeanyagok. A történelem során több alkalommal találkoztunk hatásaival mind az ember, mind az állatok vonatkozásában.

Feltételezik például, hogy a tatárjárás során 1241-42-ben a Batu kán által vezetett mongolok lovai trichotecénekkal szennyezett szalma fogyasztása következtében hullottak el tömegesen, ami a tatárok kivonulását vonta maga után. Ezt a hipotézist erősíti, hogy a harmincas években Ukrajna területén *S. chartarum* okozta járvány tört ki a lovak között, ami sok állat pusztulásához vezetett. A történelem során számos esetben jelent meg járványszerűen, pl. 1930-ban Oroszországban, 1977-ben Magyarországon.

A fuzárium mikotoxikózisok például a két világháború között is sok áldozatot szedtek. Kelet Szibériában és az Amur vidékén a II. világháború idején az alimentáris toxikus aleukiat, ami emberek és háziállatok körében magas letalitású volt, a *Fusarium sporotrichoides* és *Fusarium poae* toxinjai okozták. Japánban az ötvenes, Kínában a hatvanas években a "bean-hull" (babhüvely) toxikózist a *Fusarium solani*, míg a "red-mold" (Akakabi-byo, vörös penész) megbetegedést a *Fusarium roseum* (= *Fusarium graminearum*) toxinjai idézték elő. A penészes gabonát fogyasztó emberek és állatok nagy számban betegedtek meg.

Vagy vehetjük példának akár a 30 évvel ezelőtti clevelandi esetet, ahol több mint 50 csecsemő betegedett meg a *S. chartarum* konídiumok belégzése miatt, ami tüdő bevérvéseket okozott, és több esetben sajnos a csecsemő halálához vezetett.

Penészgomba fajok rendkívüli alkalmazkodó képességének köszönhetően bárhol előfordulhatnak a környezetünkben. Rosszul szigetelt házak belső falfelületein, szellőző rendszerekben, takarmánytárolókban éppúgy, mint a természetes közegben. Élelmezési, takarmányozási szempontból a növényeken megjelenő penészgombáknak van igen nagy jelentőségük. Gyakorlatilag minden, takarmányozási és/vagy élelmezési szempontból is jelentős növényi részen előfordul(hat)nak, a répaféléktől a növény szárán, levelén át a magtermésig, a lebomló leveleken, a gyümölcsökön, de még a tölgyfák makkjában is kimutatták a penészgombákat és azok mikotoxinjait is. A fűfélék közül a pázsitfűfélék a legszennyezettebbek, de megjelennek a gombák a pillangós lágyszárúakon is. (Szemethy et al., 2021.; Kosicki et al., 2021.) Gyakorlatilag szinte a teljes növénytakaró (akár élő, akár bomló állapotában) ki van téve a penészgomba fertőzés veszélyének. Ha sikerül is fertőzés mentesen betakarítani a termést, még mindig fennáll a veszélye a gomba megtelepedésének a szárítás vagy erjesztés során, de akár a tárolás során is. (Mézes 2020.)

A vadon élő állatok tehát elszenvedik a toxinterhelést a természetes forrásból származó étrendjükkel, aminek hatását fokozhatja a nem megfelelő minőségű kiegészítő takarmányozás. Különböző kutatások bizonyították, hogy elsősorban a téli időszakban veszi igénybe a vad a mesterségesen kihelyezett táplálékot. Borkowski és Obidzinski (2003.) kutatása arra az eredményre jutott, hogy a téli időszakban a mesterségesen kihelyezett takarmány fogyasztása január hónapban volt arányaiban a legmagasabb, amikor a teljes elfogyasztott takarmány mennyiség 21,2%-át tette ki. Katona et al. (2014.) gímszarvason végzett kutatása alapján a kiegészítő takarmány aránya 10% alatti eredményt mutatott. Ez az arány – még ha az év többi részében nem is éri el ezt a szintet a kiegészítő takarmány fogyasztása – már komoly indok arra, hogy a vadgazdálkodó figyeljen a kihelyezett takarmány minőségére, és a kihelyezés módjára. Figyelembe véve, hogy szinte minden faj ebben - természetes táplálékforrásban szegényebb, arányaiban magasabb kiegészítő takarmányt felvevő - időszakban szenvedheti el a legnagyobb károkat a mikotoxinok által (a nagyvadfajok nőivarú egyedei vehet viselnek, a hímivar az őz esetében az agancsfelrakás javában jár, a többi szarvasféle ezen időszakban készül az agancsfelrakására) gazdasági érdeke is lenne a vadászatra jogosultnak, hogy kiemelt figyelmet fordítson a takarmányozás minőségére. Sajnos a vizsgálatok (Szemethy et al. 2021.) azt bizonyítják, hogy a vad számára kihordott takarmány minősége rendkívül rossz, azok

mikotoxin tartalma a legtöbb esetben jelentős. A kihelyezett takarmány minőségét negatívan befolyásolja továbbá, ha azt a földre szórva juttatják ki a vadnak, ahol az avarszintben található penészgomba fajok rontják annak minőségét. Igaz, hogy a kutatási eredmények alapján a kihelyezett takarmány fogyasztás aránya az egész évet tekintve átlagosan 10%, vagy az alatti, de ha figyelembe vesszük, hogy az ebben az arányban felvett takarmány mikotoxin terheltsége adott esetben jóval meghaladhatja a természetes takarmányforrás terheltségét, már érdemes komoly figyelmet fordítani rá. Flores (2015.) kutatásában ír több olyan kutatási eredményről, melyek azt igazolták, hogy azon tejek, melyek kiegészítő takarmányokat kapott állatoktól származtak, jóval magasabb mikotoxin szintet mutattak, mint azok, melyek csupán legelő táplálkozást folytató állatokból származtak.

De mik is azok a mikotoxinok? A mikotoxinok különböző fonalgomba fajok (penészgombák) által kiválasztott, alacsony molekulatömegű másodlagos anyagcseretermékek (metabolitok). A másodlagos metabolit termelés a gombák válaszreakciója a kedvezőtlen környezeti feltételekre és a stresszre, pl. tápanyaghiány, hő sokk, aszály vagy éppen túl sok eső stb. Ezek a metabolitok a gomba védekezését szolgálják, nem hatnak a gomba fejlődésére. Egy penészfaj többféle toxint termel, és több faj is termelheti ugyanazt a toxint.

A mikotoxinok között van, amely alkalmas antibiotikumnak, tömegnövelésre vagy gyógyászati célra, de vannak köztük komoly veszélyt jelentő, akár biológiai fegyverként is számon tartott metabolitok. A jelenleg ismert több, mint 400 mikotoxin közül kevesebb, mint 20-nak van humán- és/vagy állategészségügyi jelentősége. Ezek közül a legfontosabbak az aflatoxinok (AF), az ochratoxin A, a fumonizinek (pl.: FB1), a trichotecének (pl.: DON, T-2), valamint a zearalenon (ZEA). E metabolitokat főként az *Aspergillus*, *Penicillium* és *Fusarium* gombanemzetség tagjai termelik (Mézes, 2020.). Tudni kell azonban, hogy a gomba jelenléte nem feltétlenül jelenti a metabolit jelenlétét is az adott növényen, míg a gomba hiánya nem jelent egyúttal toxinmentességet is. (Varga et al, 2014.)

A penészgombák és az azok által termelt mikotoxinok csoportosítása:

- vízigény szerint:
 - szántóföldi penészek: 20% fölötti nedvességtartalmat és nagy vízvaktivitású közeget igényelnek pl. *Fusarium* fajok.
 - raktári penészek: képesek a szaporodásra alacsonyabb víztartalom mellett is, pl. *Aspergillus*, *Penicillium* fajok.

- vannak fajok, melyek mindkét csoportban szerepelnek, pl. *Aspergillus flavus*, ezek mind a szántóföldön, mind a raktározás során képesek a növényi részek fertőzésére és aflatoxin kontaminációt okozni.
- a mikotoxinok keletkezési ideje szerint:
 - preharvest: betakarítás előtt keletkezett mikotoxinok, az élő növény és a gomba közötti kölcsönhatások befolyásolják
 - proharvest: betakarítás után, a vízaktivitás és más környezeti feltétel hatására keletkező mikotoxinok csoportja
- nedvességigény alapján:
 - higrofil gombafajok: nagy nedvességigényű fajok tartoznak ebbe a csoportba, pl. *Fusarium ssp.*
 - mezofil gombafajok: közepes nedvességigényűek, pl. *Penicillium ssp.*
 - xerofil gombafajok: kis nedvességigényűek, pl. *Aspergillus ssp.*
- szaporodóképesség alapján:
 - efemer gombák: a tárolással elveszítik szaporodóképességüket, pl. *Alternaria ssp.*
 - mezobionta gombák: megfelelő páratartalom esetén megőrzik szaporodóképességüket a tárolás során is
 - perzisztens gombák: szaporodóképességük a tárolás során is hosszú időn át megmarad, pl. *Aspergillus ssp.*, *Penicillium ssp.* (Varga et al., 2014.)

A mikotoxin képződés megelőzésére és ellenőrzésére szolgáló módszerek betakarítás előtt, közvetlenül a betakarítás után vagy a tárolás során alkalmazhatók. A mikotoxin képződés betakarítás előtti megelőzésének fő megközelítései közé tartozik a helyes mezőgazdasági gyakorlat, mint például a vetéscseré, az öntözés ideje, az ültetés és a betakarítás, a toxikus gombákkal szembeni rezisztencia érdekében történő növénynemesítés, a rovarok behatolásával szemben ellenálló, géntechnológiával módosított növények (Duncan et al., 1994). A betakarítás előtti és a betakarítási kezeléssel keresztüli megelőzés a legjobb módszer a mikotoxin-szennyezettség mérséklésére. Ha azonban a szennyeződés továbbra is fennáll, betakarítás utáni fertőtlenítés/méregtelenítő eljárások alkalmazása lenne szükséges az elfogadhatatlan mennyiségű mikotoxinnal szennyezett mezőgazdasági termékek toxin mennyiségének eltávolítására vagy csökkentésére. Számos stratégiáról számoltak be a mikotoxinokkal szennyezett szemek dekontaminációjára/méregtelenítésére, de csak korlátozott sikerrel. Ezek

között szerepelt a fertőzött gabona mechanikai elválasztása, a besugárzás, az oldószeres extrakció és a mikrobiális inaktiválás (Karlovsky, 1999).

Különböző vegyi anyagokat teszteltek a mikotoxinok szerkezeti lebontására vagy inaktiválására való képességük szempontjából. Ide tartoznak a savak, bázisok, aldehidek, biszulfátok és különféle gázok, valamint adszorbensek (Huff et al., 1992; Raju és Devegowda, 2000; Santin et al., 2002). A mikotoxinok dekontaminálására javasolt technikák közül sokat hatástalannak és potenciálisan veszélyesnek tekintenek a nagyüzemi felhasználásra, mivel a végtermék toxikológiai biztonsága nem mindig garantált, mivel a végtermékben vegyszermaradványok maradhatnak vissza. Ezenkívül ezek a kezelések nem feltétlenül költséghatékonyak, és fennáll annak a lehetősége, hogy az adszorbens más tápanyagokat is megköt, ami a takarmány tápértékének és ízletességének csökkenéséhez vezet. Alternatív stratégia az állatok mikotoxikózisainak kezelésére olyan enzimek vagy mikroorganizmusok alkalmazása, amelyek képesek a mikotoxinokat nem toxikus metabolitokká biotranszformálni. (Upadhaya et al., 2010.) Ezek az enzimek vagy mikroorganizmusok azonban állatfajonként eltérőek, de legalább a szükséges mennyiség különböző a megfelelő hatás elérése érdekében. Az egyes vadon élő állatok vonatkozásában problémát okoz mind a megfelelő enzimek vagy mikroorganizmusok, mind pedig a szükséges mennyiségek meghatározása, de még ha ez sikerül is, az egyes egyedek szervezetébe való bejuttatása még így is lehetetlen a megfelelő mennyiségben. Ehhez ugyanis ismerni kellene, hogy az egyes egyedek aktuálisan mely toxinok, mekkora terhelésének vannak kitéve, és szükséges lenne ismerni az adott állat testtömegét, hogy a szükséges mennyiségű és minőségű biotranszformátort kaphassa.

4.3. A mikotoxinok hatása az állatokra

A mikotoxinok hatását befolyásolja elsősorban a mikotoxin minősége, a bevitt mennyiség, a fogyasztás időtartama, a máj, mint detoxikáló szerv, illetve az immunrendszer állapota.

Egyes mikotoxinok gyengítik az immunrendszert, mások súlyosan károsítják a májat, ezzel akadályozva a szervezet méregtelenítését. Vannak mikotoxinok, melyek a táplálkozásra, a táplálék emésztésének hatékonyságára hatnak, ezzel senyvességet, akár elhullást is okozva, mások gyulladást, vérzést, sejtelhalást okoznak, esetleg rákkeltő hatásúak. Komoly problémát okoznak az állatállományban azok a toxinok, melyek káros hatással vannak a szaporodásra, a szaporító szervekre, felborítják a hormonháztartást (Szemethy et al., 2021.).

Különböző fokú mikotoxikózisok fordulnak elő a különböző állatfajok esetében, mert a felhasznált takarmány-összetevők széles skálán változnak a fajok között.

A bendő mikrobióta képes a mikotoxinok biotranszformációjára kevésbé toxikus vagy nem toxikus metabolitokká kérődzők esetében. Ez azonban nem vonatkozik minden mikotoxinra, és a mikotoxinok kérődző állatokra gyakorolt hatása az egyes állatok korától, fajtájától, nemétől, dózisszintjétől és immunállapotától is függ. A mikotoxinok biológiai hatásai azonban a gazdaszervezet által bevitt mennyiségtől, az előforduló toxinok fajtáitól, a mikotoxinoknak való kitettség idejétől és az állatok érzékenységétől függenek. (Upadhaya et al. 2010.)

Az állati szervezetet egy időpontban többnyire többféle mikotoxin terheli. Egyes haszonállatfajok takarmányára vonatkozóan létezik szabályozás az egyes toxinok maximális értékére. Ezek az értékhatárok azonban olyan „laboratóriumi körülmények” között végzett kutatások eredményei alapján kerültek meghatározásra, melyek során a kísérleti állatot kizárólag az adott mikotoxinnal terheltek, azt a határértéket keresve, mely toxin mennyiségtől következik be kóros elváltozás az egyedben. Több állatfajon végeztek hasonló kísérleteket, melyek különböző eredményt mutattak. Ez azt igazolja, hogy ezek a határértékek fajonként változnak, sőt ivaronként is lehetnek eltérések.

Természetes körülmények között azonban nem küszöbölhető ki, hogy az állatot egyszerre többféle toxinhatás érje. Többek között Szabó-Fodor et al., (2015.) kutatásai is alátámasztják, hogy amennyiben több toxin terheli párhuzamosan a szervezetet, azok képesek egymás hatását fokozni, ezáltal a terhelésben résztvevő egyes toxinok káros határértéke jelentősen lecsökkenhet. Kutatásukban a FB1, a DON és a ZEA hatásait vizsgálták bak nyulakon 4 csoportban (C, F, DZ, FDZ). Az egyes csoportokba 15-15 baknyulat osztottak be. A C csoport képezte a kontroll csoportot, az ebbe tartozó baknyulak egyik toxinnal sem voltak terhelve. Az F csoportba tartozók fumonizin B1-et, a DZ csoportba tartozók DON-t és ZEA-t kaptak, az FDZ csoportba tartozókat pedig egyszerre terheltek mindhárom toxinnal. Az egyes toxinfajtákból mindhárom terhelte csoportba tartozó nyulak (a csoportjuknak megfelelő toxintípus(ok)ból) ugyanazt a mennyiséget kapták. A vizsgálatok kimutatták, hogy a legnagyobb hatást ezek a toxinok a szaporodási folyamatokra fejtették ki. Az egyes vizsgálatok (progresszív előre mozgást mutató spermiumok aránya, spermiumok morfológiája, tesztoszteron szint) kimutatták, hogy szignifikánsan nagyobb károsodást szenvedtek az FDZ csoportba tartozó nyulak a másik három csoporthoz képest, holott a kapott toxin mennyiségek toxinonként (az egyes csoportoknak megfelelően) azonosak voltak.

4.4. Mikotoxinok

4.4.1. Fumonizinek

A fumonizinek eredetileg a *Fusarium ssp*-ből származó mikotoxinok, amelyek fő képviselője a fumonizin B1. A legtöbb állatban a fumonizin rontja az immunrendszer működését, máj- és vesekárosodást okoz, csökkenti a súlyt és növeli az elhullási arányt. A fumonizinek természetes előfordulása *Fusarium verticillioides*-sel fertőzött kukorica tétélek, illetve kukorica alapú termékek esetében jelentős. (Varga et al., 2014.) A fumonizinek hőstabilak nem bomlanak le a kukorica fermentációja során. (Zaki, 2012.)

A fumonizinek elváltozásokat okoznak a májban, a gyomor-bél traktuson, az idegrendszerben és a tüdőn. Akut dózisi sertéseknél gátolhatja a kórokozók eliminálásáért felelős tüdőmakrofágok aktivitását, ami tüdőgyulladásához vezethet. A lovaknál a fertőzés súlyos neurológiai elváltozásként nyilvánul meg, ami mozgásszervi problémákhoz és ataxiához vezet. (Yiannikouris és Jouany, 2002.)

A Dél-Afrika, Kína és Olaszország egyes régióiban relatíve nagy gyakorisággal észlelt nyelőcsőrák kialakulásában is valószínűleg szerepet játszanak a fumonizinek. Texas déli részén észlelték anencephalia és spina bifida esetek halmozódását, amelyet a kukorica termékek fumonizin tartalmával, illetve ezek fogyasztásával hoztak összefüggésbe (Varga et al., 2014.)

A fuzáriummal szennyezett búza tejelőtehenekkel etetve ahhoz vezetett, hogy fokozódott a nyersfehérje-lebomlás és csökkent a propionát százalékos aránya a bendőben (Tiemann és Danicke, 2007.). A fumonizinek gátolják a ceramidok szintézisét, és a szfingolipid bioszintézisét. A szfinganinok mennyisége ezért növekszik, a szfingozinok újrahasznosítása blokkolva van, ami sejt diszfunkciót, majd sejthalált eredményez (Riley et al., 1998.). (Upadhaya et al. 2010.)

4.4.2. T-2 toxin, DON

A trichotecének több mint 150 szerkezetileg rokon vegyületből álló csoportot alkotnak, amelyeket több gombanemzetség állít elő, a legfontosabb ezek közül a *Fusarium*. A trichotecének főleg gabonafélékben fordulnak elő. Az alacsony hőmérséklet, magas páratartalom növeli a toxintermelést. A trichotecének közé tartozik a T-2 toxin és a deoxinivalenol (DON). A sertés és a baromfi nagyon érzékeny a T-2 toxinra, és a DON-ra. Ezek a mérgező anyagok súlycsökkenést, hányást, súlyos bőrelváltozást és vérzést okoznak, bizonyos

esetekben előfordulhat elhullás (Yiannikouris et al, 2002). A T-2 a vérképző rendszert támadja meg, erős sejtméreg, az idegrendszert és immunrendszert károsító hatását is kimutatták. A trichotecének csökkentik a takarmányfogyasztást, növelik a takarmány elutasítását, rontják az emésztés határfokát, gátolják a fehérjeszintézist. Belső szervei vérzéseket és embrionális fejlődési rendellenességet, vetélést okoznak. (Szemethy et al. 2021.)

A fuzárium mikotoxikózisok a két világháború között sok emberi áldozatot is szedtek. Kelet-Szibériában és az Amur vidékén a II. világháború idején a szeptikus anginát sok ember és állat halálát okozta. A megbetegedést fumonizin toxinok okozták. Nem sokkal azután, hogy elfogyasztották a fumonizinnel szennyezett gabonát hasmenés, gasztroenteritisz, hasi és nyelőcsői fájdalmak jelentkeztek. Huzamosabb ideig tartó fertőzött gabona fogyasztás következtében vérzések, fulladás, torokgyulladás tünetek jelentkeztek, és a legyengült immunrendszer miatt sokan bakteriális vagy vírusfertőzésbe haltak bele. Az állatokra is hasonló hatásúak a fumonizinek, de az elváltozások jellege és mértéke állatfajonként eltérő lehet. (Varga et al., 2014.)

4.4.3. Zearalenon

A zearalenon egy ösztrogén hatású mikotoxin, amelyet több *Fusarium* faj termel. A ZEA világszerte megtalálható az állati takarmányokban és a gabonanövényekből, például kukoricából, árpából, zabból és rizsből készült élelmiszerekben (Kriszt et al., 2015.). A toxintermelést a magas páratartalom és az alacsony hőmérséklet segíti, ami jellemző az őszi betakarítás során. A vegyület biológiailag aktív, de kevésbé toxikus hatású; ellenben rendkívül hasonlít a 17β -ösztradiolra, amely lehetővé teszi, hogy a gerincesek szervezetében az ösztrogén receptorokhoz kapcsolódjon, ezzel a hipotalamo-hipofízis rendszeren keresztül csökkenti a progeszteron és hím állatokban a tesztoszteron kiválasztását (Szemethy et al. 2021.), Tartós kitettség hatására a különböző fajokban és különböző dózisokban nagyon eltérő hatásokat vált ki. A zearalenon és metabolitjai az endokrin diszruptorok közé tartoznak. Annak ellenére, hogy nem hasonlít a szteroid vegyületekhez, a ZEA erős hiperösztrogén termelést idéz elő válaszreakcióként fertőzött állatokban. Ennek a vegyületnek a toxicitása egyedülálló az ismert mikotoxinok között. A ZEA-mérgezés tünetei közé tartozik a méh megnagyobbodás és duzzadt szeméremtest. A ZEA fő hatásai a reprodukív problémák és az indukált fizikai elváltozások a nemi szervekben, az embriók túlélés arányának csökkenése a várandós nőstényekben, csökken a luteinizáló hormon (LH) mennyisége, progeszteron a méhszövetek morfológiáját

befolyásolva termelődik, a tejtermelés csökken, a fiatal hímek elnőiesedése a csökkent tesztoszteron termelés miatt, meddőség és perinatális morbiditás (Towers et al., 1993).

Az embernél a nők korai pubertásának szórványos járványait az állati eredetű élelmiszerekben található anabolikus ösztrogéneknek, például ZEA-nak tulajdonították Olaszországban, Puerto Ricóban és Magyarországon. A szervezet fejlettségi szintjétől függően a ZEA többféle káros hatással van a nőstények reprodukciójára, beleértve a méh megnagyobbodását, a tartós anovulációs ciklusokat, a termékenység csökkenését, valamint az embrionális beágyazódás és fejlődés hibáit. (Kriszt et al., 2015.)

Az állatállományban is hasonló tüneteket produkál a kutatások szerint világszerte.

Szarvasmarhákban terméketlenséget, vetélést, véres ivarzást okozhat, és a spermaminőség is romlik. (Varga et al., 2014.)

Hazánkban és más országokban is figyeltek meg reprodukciós rendellenességeket. Magyarországon 2011 és 2013 között Lábod környékén végzett kutatás nagyszámú rendellenességet talált dām teheneknél. Az állatok 17,2%-a mutatott kóros elváltozást. Ezeket a környéken gím teheneknél is észlelték. (Sugár et al. 2015.)

Oroszországban az Amur régióban komolyan visszaesett a szibériai őzállomány. (2016: 71.196, 2019: 53.793 becsült egyed) Az okok felderítése során komoly elváltozásokat találtak a herékben és a mellékherékben melyek már a pubertás előtt álló gidákban is megfigyelhetőek voltak és rendellenes vagy elégtelen spermafejlődést eredményeztek ivarérett állatoknál. (Sosnovsky et al., 2020.)

A populációk természetes és antropogén eredetű behatások általi kitettsége egyre jelentősebb. A környezetterhelő anyagok, így a mikotoxinok is, felhalmozódhatnak az élő organizmusokban, fiziológias és viselkedésre gyakorolt hatást kiváltva. A zearalenon (ZEA) mikotoxin, egy ösztrogén-szerű, endokrin diszruptor, a szennyezett takarmányok fogyasztásával deponálódhat. A szaporodásbiológiai, a fiziológias folyamatokra és a viselkedésre gyakorolt káros hatásával szükségszerűen a kötelezően mérendő toxinok közé tartozik. (Molnár et al., 2023.)

A xenoösztrogének (szintetikus vagy természetben előforduló ösztrogénutánzó vegyületek, amelyek szerepet játszanak a korai pubertásban és számos más szaporodási rendellenességben) egyre nagyobb kockázatot jelentenek az endokrin funkciók megzavarásában. Az etinil-ösztradiol (EE2) egy szintetikus ösztrogén, amelyet fogamzásgátló tablettákban használnak,

míg a zearalenon egy természetes mikoösztrogén, amely egyre nagyobb gyakorisággal fordul elő különféle gabonanövényekben. A ZEA terhelés kockázata növekszik: már több, mint tíz éve 93-96%-os volt a szennyezett gabonaminták aránya Észak-Európában. (Uhlig et al., 2013.) A szintek országonként és évenként változnak, de a legmagasabb ZEA koncentrációt, 49000 ppb-t egy Ausztráliából származó búzamintában mérték. (Rodrigues et al., 2012.)

Kriszt et al., (2015.) kutatásában 18 napos nőstény patkányokat kezelt naponta 10 µg/kg EE2-vel, és 10 mg/kg ZEA-val 10 napon keresztül. A kísérlet eredményeként mind a ZEA-val, mind az EE2-vel kezelt patkányok pubertáskora előbbre került. A ZEA a pubertás faktorok stimulálásával, nem pedig a pubertás visszatartó mechanizmusainak gátlásával segíti elő a pubertást. A tíznapos ZEA vagy EE2 kezelés a méh szignifikáns megnagyobbodását eredményezte. Mivel a pubertás időpontja az állatok anyagcsere-forrásaitól is függ, ellenőrizték, hogy a xenoösztrogén kezelés befolyásolja-e a testsúlyt. A napi testtömegadatokon végzett ismételt mérések a kezelés szignifikáns hatását mutatták ki. Az EE2-vel kezelt patkányok szignifikánsan kevesebb testtömeget gyarapodtak a kezelési időszak alatt, mint a ZEA-val kezelt patkányok, vagy a kontroll csoport egyedei.

A zearalenon elfogyasztása után a szervezetben α - és β -zearalenol (ZEL), illetve α - és β -zearalanol (ZAL) keletkezik. A ZAL-t széles körben használták a testtömeg gyarapodás ütemének növelésére és a takarmány javítására kérődzőkben. Jelentős figyelmet fordítottak az EU-ban a ZAL használatából fakadó humán egészségügyi kockázatokra, és 1996-ban a Tanács a 96/23/EK irányelve ezeket az A csoportba (anabolikus hatású anyagok és nem engedélyezett anyagok) sorolta és a fogyasztók egészségének védelme érdekében betiltotta az EU-ban. (Varga et al., 2014.)

Denli et al. (2017.) patkányokon végezett kutatásokat a zearalenon testtömeg változásra gyakorolt hatásának vizsgálatára. 60 patkányt osztott 5 csoportba, egy kontroll és négy, különböző mennyiségű zearalenollal terhelt takarmánnyal etetett csoportba. A vizsgálatokat 4 héten keresztül végezték. A két legnagyobb mennyiségű toxinnal terhelt takarmánnyal etetett csoport patkányai magasabb testtömeg gyarapodást produkáltak a kontrollcsoportéhoz képest.

Ennek a kutatási eredménynek ellentmond Gonzáles-Alvarez et al. (2021.) kutatási eredménye, melyben sovány és elhízott egerek testtömeggyarapodását figyelte meg illetve hasonlította össze zearalenon terhelés alatt lévő csoportokban és kontroll csoportokban. A sovány és elhízott genotípusú egereket lemérték a vizsgálat kezdetén. Nem volt különbség a táplálékfelvételben ($P > 0,05$) a ZEA expozíció miatt, azonban a várakozásoknak megfelelően

az elhízottak átlagos táplálékfelvétele magasabb volt, mint a sovány egereké. A testsúlyt hetente kétszer ellenőrizték az adagolás 15 napos időtartama alatt, és idővel nőtt minden csoportban. Az elhízott genotípusú egerek súlya nagyobb volt, mint sovány genotípusú társaiké a kísérlet befejezésekor, de a ZEA-expozíció nem befolyásolta az átlagos testtömeg-növekedést sem sovány, sem elhízott egerekben ($P > 0,05$).

Sharp és Dyer (1971.) kutatásában három kísérletet végeztek a zearalanol-implantátumok növekedési stimulánsként való hatékonyságának értékelésére szarvasmarhák esetében, és mérték az e vegyületre adott fiziológiai reakciókat. 198 szarvasmarhát használtak fel a növekedési válaszok összehasonlítására különböző nitrogén szintekkel, fehérjeszintekkel, illetve 4 különböző takarmányféleség (táp, árpa, kukorica, búza) etetésével; és zearalanol implantátummal. Minden esetben többletnövekedést tapasztaltak a ZEA implantátummal kezelt állatoknál a kontrollcsoportéhoz képest, de a különböző takarmányozási módok befolyásolták a többletnövekedés arányát. Ebből következik, hogy nem mindegy a mikotoxin állatra kifejtett hatását tekintve az, hogy milyen szubsztráttal került a szervezetébe.

A ZEA segíti az intramuszkuláris zsírbeépülést, így javítja a húsminőséget, és növeli a testtömeget.

AZ EU 1881/2006/EK rendelete alapján humán fogyasztásra szánt gabonában vagy késztermékben megengedett maximális ZEA koncentrációja terméktől függően 50–75 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a feldolgozatlan gabonafélékben 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$, kukoricában 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Nincs azonban szabályozás a hús és a húskészítmények ZEA koncentrációja vonatkozásában. Az alacsonyabb szintek, valamint a felhalmozódás problémaköre sincs a jogszabály által szabályozva.

Az eredmények alapján a zearalenon terhelés endokrin diszruptor hatása miatt hatással lehet mind az emberek, mind a vadonélő állatok szaporodására, a vadhúsfogyasztás így humán kockázatot jelent.

4.4.4. Aflatoxinok

1959-ben egy rejtélyes megbetegedés pusztított Angliában a pulykák között, amely több mint százezer állat elhullását eredményezte. A post mortem vizsgálatok minden esetben máj haemorrhagiát és nekrotikus májkárosodást mutattak. A mérgezésben szerepet játszó toxikus földimogyoró darából egy fonalgombát izoláltak, amely szintetikus táptalajon ugyancsak termelte a toxikus anyagokat. A gombát *Aspergillus flavus*-nak identifikálták, a mérgező anyag az aflatoxin nevet kapta utalva a termelő gombára. Hosszabb távon az aflatoxinok májcirrózist

és májrákot idéznek elő. Az aflatoxinok akut és krónikus toxicitását számos kísérleti állatfajon vizsgálták. Az aflatoxikózis kezdeti tünetei általánosak: étvágytalanság, tömegvesztés, amit gyors elhullás követ. Kórbonctanilag minden esetben májkárosodás mutatható ki. Általános tapasztalat, hogy fiatal állatok lényegesen érzékenyebbek, illetve nemek szerint is feltűnő eltérés lehetséges. Az AFB1 gátolja mind a DNS, mind az RNS szintézist. Erős hepatotoxinként és hepatokarcinogénként is ismert. A májat tekintik az elsődleges célszervnek az aflatoxinok vonatkozásában. (Upadhaya et al. 2010.)

Az aflatoxinnal szennyezett takarmányok lenyelését követően az aflatoxin B1 egy része lebomlik a bendőben, aminek következtében aflatoxikol képződik. A maradék frakció felszívódik az emésztőrendszerben passzív diffúzióval és a májban aflatoxin M1-é hidroxilálódik (Kuilman et al., 1998.) Upadhaya et al. (2009) arról számolt be az aflatoxin B1 lebomlásáról a bendőfolyadékban, hogy azt befolyásolta az állatok faja és az állatokkal etetett takarmány fajtája. Vizsgálatai szerint az akut aflatoxikózis tünetei emlősökben a következők: étvágytalanság, letargia, ataxia, érdes szőrzet és sápadtság, megnagyobbodott zsírmáj. Minden állatfaj fogékony az aflatoxikózisra, ill. az érzékenység fajonként változó. A monogasztrikus állatok, mint pl a halak, a madarak, a macskák, a kutyák és a sertések fogékonyabbak, mint a kifejlett kérődzők.

A szennyezett takarmánytermékekkel vagy közvetlenül beadott aflatoxinnal végzett takarmányozási kísérletek azt mutatták, hogy az AFB1 mellett az AFM1 és az aflatoxikol (AFL) is mérhető máj-, vese- és izomszövetben. Ezenkívül az AFM1 kimutatható volt a tehéntejben. (Kuilman et al., 1998.)

Az aflatoxin igazoltan karcinogén mikotoxin, illetve az egyetlen, ami törvényi szabályozás alá esik. Elsősorban az *Aspergillus* fajok termelik meleg, magas páratartalmú körülmények között. A klímaváltozás következtében délről terjednek Európában, Magyarországon 10 éve bizonyított a jelenléte. Elsősorban kukoricán, napraforgón, lucernán és gabonaféléken jelennek meg. (Szemethy et al, 2021.)

Az EU 1881/2006/EK rendelete alapján humán fogyasztásra szánt gabonatermékek, illetve pékáruk megengedett maximális AFB1 koncentrációja 2µg/kg.

4.5. Mikotoxinok a dámszarvasokban (*Dama dama*)

Az elmúlt években a szarvas fajok egyes populációinál számos egészségkárosodásra, a szaporodásbiológiai mutatók romlására utaló jelet figyeltek meg a vadgazdálkodók. A déldunántúli régióban európai dámszarvasoknál (*Dama dama*) azonosítottak hormonális zavarokat, trófeaépítési problémákat, alacsonyabb szaporodási rátát. A kutatási eredmények egyértelmű összefüggéseket igazoltak a dámokat ért mikotoxin terhelések és a jelentkező problémák között. (Szőke et al., 2019)

Lakatos (2024.) leírja, hogy vemhes dámtehének és magzataik vizsgálata során igazolták, hogy a DON és a ZEA átkerül a méhlepényen keresztül az anyából a magzatba, aminek következtében a magzat károsodhat, fejlődésében mind születése előtt, mind azután rendellenességek léphetnek fel.

Plank (2023.) kutatása során minden, általa vizsgált mikotoxint kimutatott a dámszarvas (*Dama dama*) szervezetében:

- Aflatoxin: A bendőben mért, elfogyasztott táplálék aflatoxin tartalma kimutatható volt, csakúgy, mint a májban és a bélsárban; illetve az izomban is, bár abban csekély mértékben.
- Zearalenon: A kutatás alá vont egyedek által elfogyasztott takarmányból, az egyedek májából illetve bélsarából történt zearalenon koncentráció mérés. Legmagasabb arányban a bendőtartalom tartalmazta a toxint, a máj és a bélsár zearalenon tartalma arányaiban a többi toxinhoz viszonyítva csekély volt a vizsgált egyedekben.
- Deoxynivalenol (DON): ezt a mikotoxint sikerült a legmagasabb arányban kimutatnia minden vizsgált egyed bendőtartalmából, májából és bélsarából. Az elfogyasztott táplálék tartalmazta a legtöbb DON-t a bélsár és a máj mintákhoz viszonyítva. Az elfogyasztott táplálék és a bélsár közti különbség szignifikánsan kisebb volt ($P < 0,05$), mint az elfogyasztott táplálék és a májminták között.
- Fumonizin B1: ezek a mérési eredmények mutatták a legnagyobb szórást a minta csoportban. A bendő tartalmak fumonizin B1 vizsgálata csupán 64%-ban hozott pozitív eredményt, míg a bélsár és a máj vizsgálataiban 92-92%-ban találták meg a mikotoxint. (A fumonizinek rosszul szívódnak fel, gyorsan eliminálódnak, és a különböző állatfajokon végzett vizsgálatok szerint nem metabolizálódnak. (Stoskman-Juvala et al., 2008.))

Az eltérő földrajzi helyeken terítékre hozott dámbikák bendőtartalmában mért mikotoxin eredményeket jelentősen befolyásolta, hogy az adott évben, adott területen milyen volt az időjárás, és az milyen hatással volt az ott előforduló penészgomba fajokra. A mérési eredmények azt mutatják, hogy a dámokban kivétel nélkül több mikotoxin is megtalálható egyszerre. Ez mindenképpen súlyosbítja a helyzetet, mivel a multimikotoxin hatás következményeként, az egymás hatását erősítő egyes mikotoxinokból lényegesen kevesebb mennyiség elegendő a káros hatás kifejtéséhez. (Plank, 2023.Szabó-Fodor et al., 2015.)

Az Európai Unióban állati takarmányok és egyes humán élelmiszerek esetében szigorúan szabályozott az egyes mikotoxinok megengedhető legnagyobb mennyisége (EU 1881/2006/EK). Állati termékek esetében a tej kivételével ilyen határértékek nem kerültek eddig meghatározásra. A vadhús felhasználás nemcsak minőségében, hanem mennyiségében is jelentős. Statisztikai adatok szerint évente több, mint tízezer tonna vadhús kerül a feldolgozóba, ezen felül a magán felhasználásra kerülő vadhús mennyisége is nagyon komoly tételt tesz ki évente. Ez alapján a vadhús – figyelembe véve, hogy a szabadon élő állományok takarmány felvételének minősége csak minimálisan befolyásolható – potenciális humán-egészségügyi kockázati forrás. (Szemethy et al., 2021.)

5. Anyag és módszer

5.1. Mintavételezés

A kutatáshoz vadászatok során terítékre hozott dámszarvas egyedekből vettem mintát. A kutatáshoz szükséges MATE SZIC MÁB igazolás a nem kísérleti engedélyhez kötött állatokon végzett vizsgálatokra száma: MATE-SZIC/6-1/2024. (1. sz. melléklet)

A mintavételezésre az állat terítékre hozását követő maximum 1 órán belül került sor.

A zsigereles során 5ml-es steril fecskendővel vért vettünk a szívből, az aortából 15 ml-es falcon csőbe. A falcon csövet tartóba állítottuk, majd a savót kiválása után steril pipetta hegygel ellátott pipettával leszívtuk és 5 ml-es falcon csőbe áthelyeztük, majd -20°C-on fagyasztottuk.

Mintát vettünk steril késsel a májból, levágtunk egy kb. 5*15 cm-es darabot az egyik lebényből, majd villámzáras tasakban -20°C-on fagyasztottuk.

A végbél utolsó 20 cm-es traktusát felvágva mintát vettünk a bélsárból változó mennyiségben (a végbél telítettségének függvényében) villámzáras tasakba, melyet szintén -20°C-on fagyasztottunk.

Nőivarú egyed esetén eltávolítottuk a teljes méhet a petefészkekkel együtt. A maximum embriót tartalmazó méheket 50 ml-es Falcon csőbe helyeztük, melyeket formalinnal öntöttünk fel. Amennyiben már magzat volt található a méhben, azt a méhből eltávolítottuk, villámzáras tasakban -20°C-on fagyasztottuk, a méhet Falcon csőbe formalinba helyeztük a petefészkekkel együtt. Amelyik tehénnél volt lehetőség, mintát vettünk a tőgyében lévő tejből 5 ml-es steril fecskendővel 15 ml-es falcon csőbe. A tejet szintén -20°C-on fagyasztottuk.

Bikák esetében az egyik herét kiemeltük a herezacskóból, hosszában félbe vágtuk, majd 50 ml-es falcon csőbe formalinba áztattuk.

Izom mintát az egyedek combizmából vettünk, egyedenként kb. 1 dkg tömegben, villámzáras tasakban -20°C-on fagyasztottuk.

Minden egyes mintára rávezettük a terítékre került dám egyedi vadazonosító jelét a későbbi azonosítás céljából.

5.2. Minták előkészítése

A vizsgálatokat a MATE Genetika és Biotechnológia Intézet, Szaporodásbiológia és Toxikológia csoport laboratóriumaiban végeztük el. A minták előkészítését önállóan végeztem,

a szakmai labor munkát Dr. Ferencziné Dr. Szőke Zsuzsanna tudományos főmunkatárs szakmai irányításával végeztük.

Az ürülék mintákat kiolvasztás után szétosztottam 1,00 g-os aliquotokba, 15 ml-es csövekbe, melyeket előzetesen elláttam azonosító jellel, a minta későbbi beazonosíthatósága érdekében.

Az izom és máj mintákat botmixerrel pépesítettem, majd 0,50 g-os aliquotokba, 15 ml-es csövekbe osztottam szét. A csöveket ebben az esetben is elláttam a szükséges feliratozással.

A vérminták a mintavételezést követően, a fentebb leírtak szerint kerültek előkészítésre a mintagyűjtés helyén.

Az így előkészített minták -20°C -on további vizsgálatokig tárolhatók.

5.3. Immunoassay vizsgálatok

Az egyes toxinok mennyiségi meghatározásához piaci kitékkel ELISA (enzyme-linked immunoassay/enzimhez kötött immunszorbens próba) alapú kompetitív immunoassay méréseket végeztünk.

A bélsár, izom és máj mintákból mérés előtt szerves oldószerrel extraktumot készítettünk, a máj mintákat előtte egy aryszulfatáz/glükoronidáz enzimmel emésztettük 3 órán át 37°C -on és 4,8 pH-jú pufferben, a májminták esetében ezután következett a szervesoldószeres extrakció.

Thermo Labsystems Multiskan EX készülék mérései alapján határoztuk meg az abszorbancia/optikai sűrűséget 450 nm -en.

5.4. Zearalenon mérése

Ridascreen (R-Biopharm, No.) kitet használtunk a zearalenon tartalom meghatározásához. Egyesével felvittük emelkedő koncentrációban a megadott standard oldatokat a 96-lyukú (well) microtiter platere, majd egyenként az előzetesen a hígított extraktumokat, illetve a - minden mérésnél használt - referencia mintát. Minden esetben két párhuzamos mérést végeztünk, és mind a referencia minta, mind az extraktumok esetében $50\ \mu\text{l}$ mennyiséget használtunk. Ezekre $50\ \mu\text{l}$ konjugátum oldatot juttatunk csatornás pipettával, lezártuk a plate-et a megadott fóliával, hogy ne párologjon, becsomagoltuk, majd 150 rpm rázatással, 37°C -on inkubáltuk fénytől elzárva 2 órán keresztül.

$250\ \mu\text{l}$ desztillált vízzel mostuk át wellenként a plate-et az inkubáció után. Az első mosásnál először a konjugátumos folyadékot távolítottuk el vigyázva, hogy a minták ne keveredjenek,

azután átmostuk a plate-et mosófolyadékkal, összeráztuk, és egy 10 % -os hipó oldatot tartalmazó gyűjtőedénybe öntöttük a folyadékot, majd a plate-et nedvszívó papírra ütögettük. A mosási folyamatot 3-szor ismételtük meg.

Hozzáadtuk az 50 µl szubsztrátot és az 50 µl chromogent, amit fénytől védve, szobahőmérsékleten, 30 percen át inkubáltunk. Az inkubáció során kék színreakció ment végbe. Végül 100 µl stop folyadék (1N H₂SO₄) hozzáadásával állítottuk le a reakciót, melynek hatására szalmasárga színváltozás következett be.

5.5. Aflatoxin mérése

Az aflatoxin vizsgálatokhoz Toxi-Watch (Soft Flow Kft., Pécs) immunoassay kivet használtunk. A takarmány analízisnek megfelelő módon vizsgáltuk meg a bélsár mintákat, az izom és májmintákra az állati szervekre és szövetekre kidolgozott módszert alkalmaztuk. Ennél a mérésnél referencia takarmány mintát (Trilogy Reference Material; Aflatoxin = 18,7 (±2,3) ppb) is vittünk fel a plate-re. A referencia minta extrakcióját a fent leírtak szerint végeztük és ebből minden platen visszanyeréseket tudunk számolni.

A további hígítás nélküli extraktumok előtt egy 6 pontos standard oldatsort vittünk fel a plate-re, végül 2-szeres hígítással a referencia mintát. Az extrahálást 6-szoros mennyiségű (6 ml) 23%-os EtOH-val végeztük. A standard sor koncentrációjának megfelelően hígítottuk a referenciát. Mindent kétszer ismételtünk, wellenként 50 µl-t vittünk fel. 8 csatornás pipettával 50 µl/well mennyiségben először a mintákat vittük fel, majd az AFLA–HRP konjugátumot, végezetül pedig az anti–aflatoxin antitestet. A lefedett plate-et 150 rpm rázatással, fénytől elzárva inkubáltuk 30 percig.

Az inkubációt követően egy 10 % -os hipó oldatot tartalmazó gyűjtőtartályba öntöttük a plate tartalmát, és 200 µl/well mosófolyadékkal háromszor átmostuk a plate-et, majd nedvszívó papírhoz ütögettük.

A mosást követően 8 csatornás pipettával 150 µl szubsztrát oldatot vittünk fel, majd újabb inkubációt végeztünk 10 percig sötétben, szobahőmérsékleten, aminek hatására kék színreakció következett be. 50 µl stop folyadékkal (1N H₂SO₄) állítottuk le a reakciót, amire az sárga színváltozással reagált.

5.6. Deoxynivalenol (DON) mérése

Deoxynivalenol mennyiségi meghatározásához Toxi-Watch (Soft Flow Kft, Pécs) kvantitatív, kompetitív immuoassay kitet használtunk.

DON méréséhez 23% etanosos extrakciót követően az extraktumot 20-szoros (bélsár) illetve 10-szeres (máj) 0,01M PBS oldattal kellett a mintákat hígítani. 50 µl 6 pontos standard oldatot pipettáztunk kettes ismétlésben a plate-re wellenként, majd a mintákat a paramétereknek megfelelően. Ezt követően 50 µl/well DON–HRP konjugátum oldatot, rögtön utána pedig ugyanennyi anti–DON antitest oldatot adtunk hozzá a reakcióhoz. Lezártuk a plate-et (filmmel és fóliával), majd 37 °C -on 150 rpm rázatás mellett 30 percen keresztül inkubáltuk.

Átöntöttük a plate-ből a folyadékot egy 10%-os hipó oldatot tartalmazó gyűjtőedénybe az inkubáció végeztével, majd 200 µl hígított mosófolyadékkal (15 ml 10-szeres koncentrátum + 135 ml desztillált víz) lyukanként átmostuk háromszor. Az egyes mosások végén a folyadékot a gyűjtőtartályba öntöttük majd nedvszívó papírhoz ütögettük a platet.

A mosást követően 8 csatornás pipettával 150 µl szubsztrát oldatot vittünk fel, majd újabb inkubációt végeztünk 10 percig sötétben, szobahőmérsékleten, aminek hatására kék színreakció következett be. 50 µl stop folyadékkal (1N H₂SO₄) állítottuk le a reakciót, amire az sárga színváltozással reagált csakúgy, mint az aflatoxin mérés során.

5.7. Fumonizin B1 (FB1) mérése

Fumonizin mennyiségi meghatározásához Ridascreen (R-Biopharm, No.) kitet használtunk. FB1 mérésekor 0,01 M PBS oldattal hígítottuk a bélsár és máj extraktumokat. 50-50 µl standard oldatot és mintát megfelelő sorrendben, kettős ismétlésben pipettáztunk a plate-re. A minták után minden wellbe először 50 µl fumonizin enzim konjugátum oldatot, majd pedig 50 µl anti–fumonizin antitest oldatot adtuk a rendszerhez, majd lezártuk a plate-et (filmmel és fóliával), és 37 °C -on 30 percig inkubáltuk.

250 µl desztillált vízzel mostuk a plate-et 3-szor lyukanként. Átöntöttük a plate-ből a folyadékot egy 10%-os hipó oldatot tartalmazó gyűjtőedénybe az inkubáció végeztével, majd nedvszívó papírhoz ütögettük a platet.

A mosást követően pipettával 100 µl/well szubsztrát oldatot vittünk fel a lyukakba, majd újabb inkubációt végeztünk 15 percig sötétben, szobahőmérsékleten (20-25 °C), aminek

hatására kék színreakció következett be. 1000 µl stop folyadékkal (1N H₂SO₄) állítottuk le a reakciót, amire az sárga színváltozással reagált csakúgy, mint a többi mérés során.

5.8. Adatelemzés

A mért OD (Optical Density/Optikai denzitás) értékek kiértékelésére és a standard/kalibrációs görbe felvételéhez az ELISA Evaluation Tool (Soft Flow) programot használtuk.

A kapott értékeket DATAtab online statisztikai programcsomaggal értékeltük.

A magasabb mintaszámú bikák esetében Pearson korreláció analízist is végeztünk.

5.9. Szérum, szteroid analízisek leírása

A szérumban végzett szteroid elemzésekhez NovaTec 17-béta-ösztadiol (katalógusszám: DNOV003, NovaTec Immundiagnostica, Dietzenbach, Németország); NovaTec progeszteron (katalógusszám: DNOV006) és tesztoszteron (katalógusszám: DNOV002) készleteket használtunk. Az immunoassay-t a gyártó utasításai szerint végeztük, a szérummintákat hármasával mértük.

6. Eredmények és értékelésük

6.1. Dámbikák eredményeinek összehasonlítása egészséges és agancstő sérült bontásban

A bikák vonatkozásában összehasonlítottuk a kapott adatokat aszerint, hogy azok egészséges agancsot viselő dámbikákból vagy agancstő rendellenességgel bíró dámbikáktól származtak. Az egészséges mintákat 0-val, az agancstő rendellenes bikákat 1-gyel jelöltük.

		Frequency	Mean	Median	Std. Deviation	Variance	Minimum	Maximum
E2 pg/ml	0	23	19,06	17,06	6,61	43,68	9,77	34,66
	1	4	15,43	14,79	6,17	38,11	8,58	23,59
Tesztoszteron ng/ml	0	23	11,11	11,97	9,93	98,66	0,02	26,81
	1	4	1,22	0,96	1,26	1,58	0,02	2,92
ZEA máj ng/g	0	23	2,33	2,55	1,24	1,53	0	3,89
	1	4	1,02	0,79	1,23	1,52	0	2,49
ZEA bélsár ng/g	0	23	31,22	26,04	19,09	364,61	14,88	102,1
	1	4	35,04	37,22	10,46	109,36	20,45	45,27
AF máj ng/g	0	23	0,14	0,1	0,15	0,02	0	0,6
	1	4	0,18	0,15	0,11	0,01	0,08	0,33
AF bélsár ng/g	0	23	11,92	4,97	18,98	360,4	0,57	79,84
	1	4	38,35	41,49	28,18	793,93	1,97	68,44
AF izom ng/g	0	23	0,84	0,81	0,58	0,34	0	1,99
	1	4	1,1	0,96	0,37	0,13	0,84	1,64
DON bélsár ng/g	0	23	88,41	104,44	80,65	6504,94	0	224,28
	1	4	79,98	105,48	53,41	2852,2	0	108,96
DON máj ng/g	0	23	4,98	0,6	7,36	54,18	0	28,76
	1	4	17,53	18,44	11,86	140,62	3,96	29,28
FB1 bélsár ng/g	0	23	18,59	12,63	19,99	399,59	0	62,95
	1	4	19,01	5,63	30,98	959,9	0	64,8
FB1 máj ng/g	0	23	82,4	63,78	76,56	5860,86	15,78	319
	1	4	134,2	159,41	68,09	4636,48	34,51	183,3
Testtömeg (kg)	0	23	63,78	64	9,12	83,09	35	83
	1	4	55	50	12,19	148,67	47	73

1. sz. táblázat A dámbikákban mért eredmények egészséges (0) és agancstő rendellenességgel küzdő (1) bikák bontásában

A statisztikai elemzések során szignifikáns korrelációt mutatott az agancstő megbetegedéssel a tesztoszteron szint ($p < 0,001$), a beteg bikák esetében lényegesen

alacsonyabb értékeket mutat; a magas aflatoxin koncentráció a bélsárban a rendellenességet mutató bikáknál ($p=0,025$), illetve a magasabb DON koncentráció a beteg bikák májában ($p=0,008$). Szignifikáns a korreláció az agancstő megbetegedés és a dámbika testtömege között is, a beteg bikák testtömege jelentősen alacsonyabb.

		n	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
AF bélsár ng/g	1	4	38,35	28,18	14,09
	0	22	11,92	18,98	4,05

2. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért aflatoxin értékeinek szórása egészséges (0) és agancstő megbetegedett (1) bontásban

Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mean)	1	1	24	0,304
Brown-Forsythe-Test (Median)	1	1	24	0,253

3. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért aflatoxin értékeinek variancia teszje egészséges és agancstő megbetegedett bikák összehasonlítására

Egyenlő variancia, tehát:

		t	df	p	Cohen's d
AF bélsár ng/g	Equal variances	2,39	24	0,025	1,3
	Unequal variances	1,8	3,51	0,156	0,98

4. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért aflatoxin értékeinek szignifikancia kalkulációja egészséges és agancstő megbetegedett bikák vonatkozásában

		n	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tesztoszteron ng/ml	1	4	1,22	1,26	0,63
	0	23	11,11	9,93	2,07

5. sz. táblázat A dámbikák tesztoszteronszint értékeinek szórása egészséges (0) és agancstő megbetegedett (1) bontásban

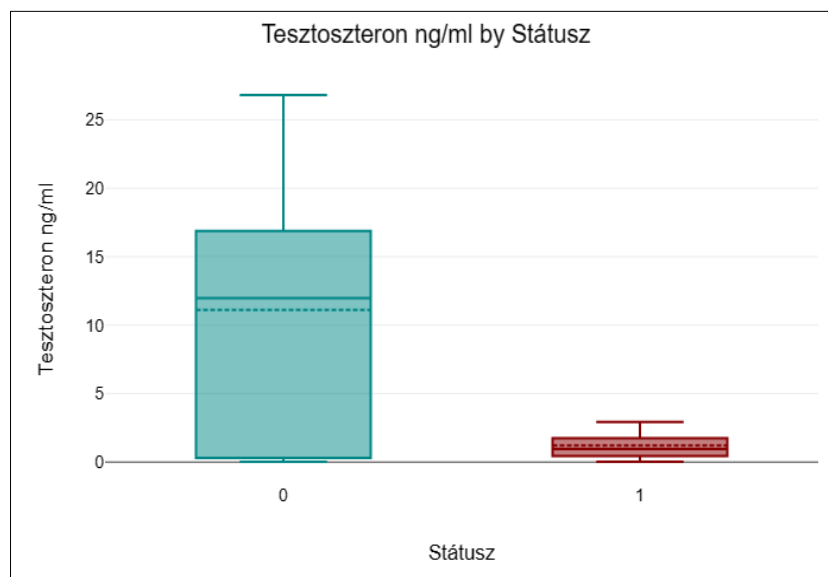
Test	F	df1	df2	p
Levene's Test (Mean)	8,28	1	25	0,008
Brown-Forsythe-Test (Median)	7,61	1	25	0,011

6. sz. táblázat A dámbikák tesztoszteronszint értékeinek variancia tesztje egészséges és agancstő megbetegedett vonatkozásában

Nem azonos varianciájú, ezért:

		t	df	p	Cohen's d
Tesztoszteron ng/ml	Equal variances	-1,96	25	0,062	1,06
	Unequal variances	-4,57	24,71	<.001	2,48

7. sz. táblázat A dámbikák tesztoszteronszint értékeinek szignifikancia kalkulációja egészséges és agancstő megbetegedett bikák vonatkozásában



1. sz. diagramm A dámbikák tesztoszteronszint értékeinek eredményei egészséges (0) és agancstő megbetegedett (1) bikák vonatkozásában

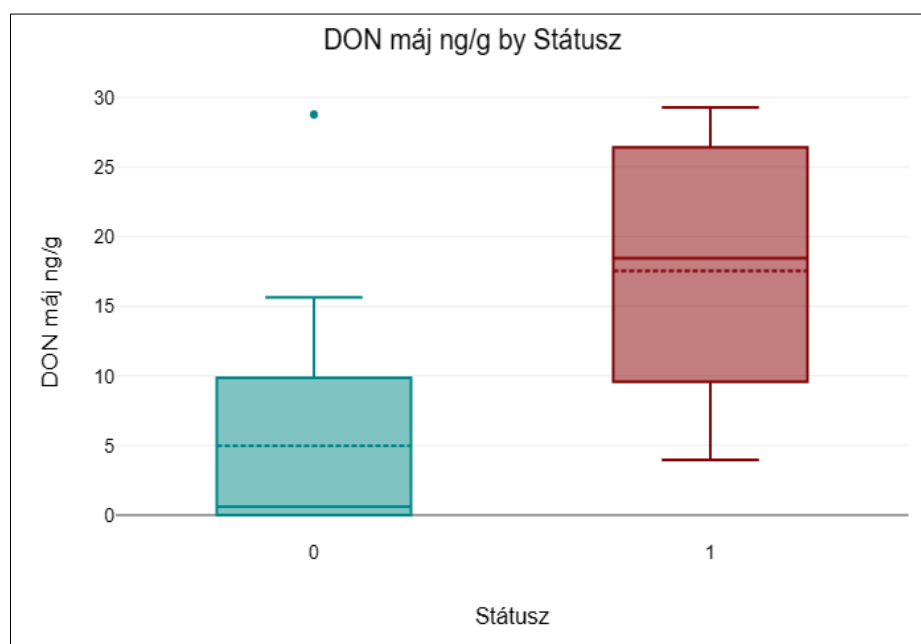
	Test	F	df1	df2	p
DON máj ng/g	Levene's Test (Mean)	3,04	1	25	0,093
	Brown-Forsythe-Test (Median)	1,83	1	25	0,188

8. sz. táblázat A dámbikák májban mért DON koncentráció értékeinek variancia tesztje egészséges és agancstő megbetegedett bikák vonatkozásában

Egyenlő varianciájú:

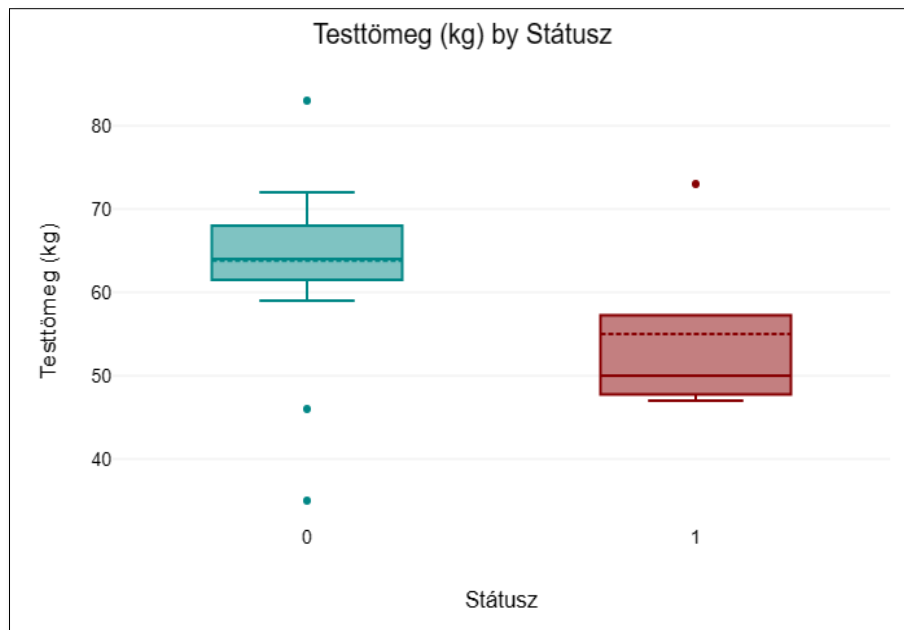
		t	df	p	Cohen's d
DON máj ng/g	Equal variances	2,88	25	0,008	1,56
	Unequal variances	2,05	3,41	0,122	1,11

9. sz. táblázat A dámbikák májban mért DON koncentráció értékeinek szignifikancia kalkulációja egészséges és agancstő megbetegedett bikák vonatkozásában



2. sz. diagramm A dámbikák májban mért DON koncentráció értékeinek eredményei egészséges (0) és agancstő megbetegedett (1) bikák vonatkozásában

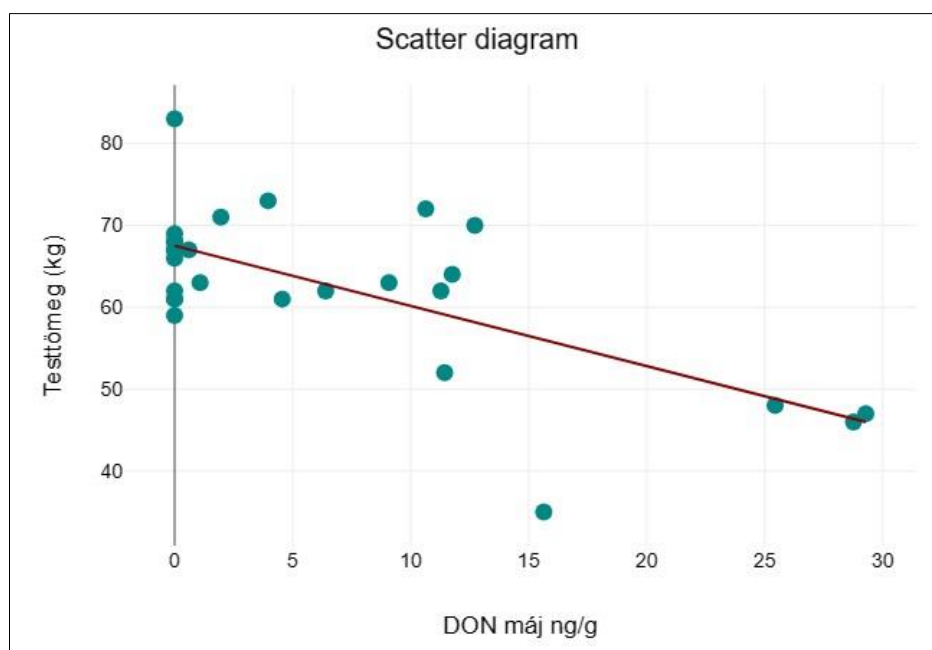
Szintén szignifikáns a korreláció a dámbikák testsúly csökkenése és az agancstő rendellenességet mutató bikák között. A rendellenes agancstővel rendelkező bikák testtömege korcsoporttól függően több (akár 8-10) kg-mal is elmarad a korcsoport átlagos testtömegéhez viszonyítva.



3. sz. diagramm A dámbikák testtömeg értékei egészséges (0) és agancstő megbetegedett (1) bikák vonatkozásában

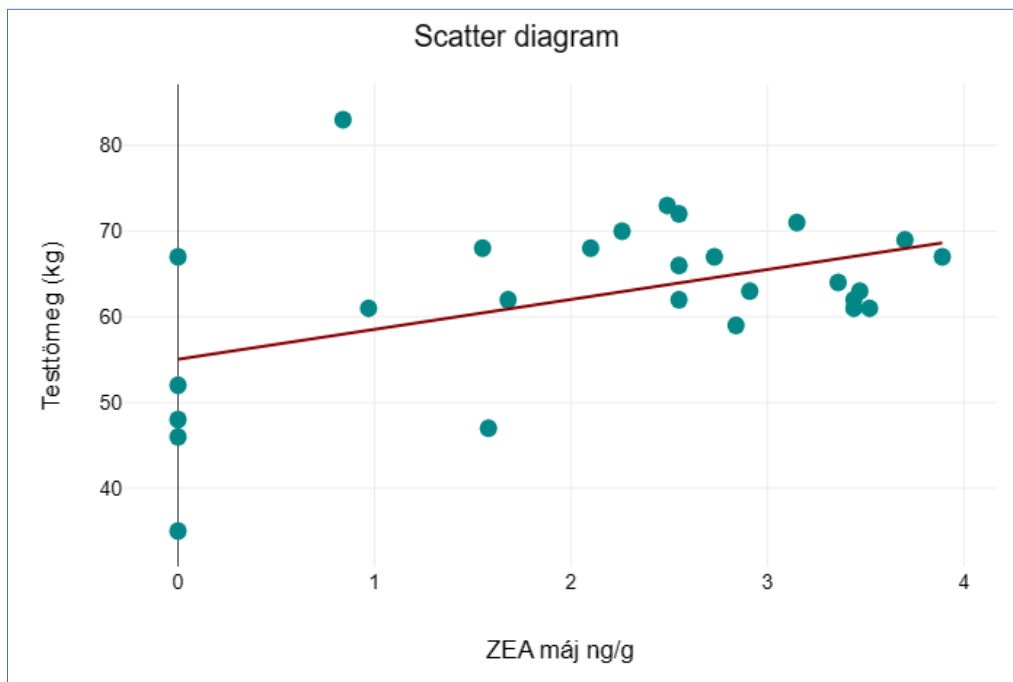
6.2 A testtömeg és az egyes mikotoxinok közötti korreláció vizsgálat eredménye

Korreláltattuk a testtömeg alakulást az egyes mikotoxin koncentráció eredményekkel. A DON májban mért koncentrációja szignifikáns ($p < 0,001$) eredményt mutat, negatívan korrelál, azaz a DON máj koncentrációjának növekedésével csökken a testtömeg.



4. sz. diagramm Korrelációs diagramm a dámbikák májában mért DON koncentráció és a dámbikák testtömege között

A ZEA májban mért koncentrációja Pearson korrelációval szintén szignifikáns eredményt hozott ($p=0,016$), azonban a ZEA pozitívan korrelál a testsúllyal, azaz a ZEA koncentráció növekedésével növekszik a testtömeg is.



5. diagramm A ZEA pozitív korrelációja a testtömeggel

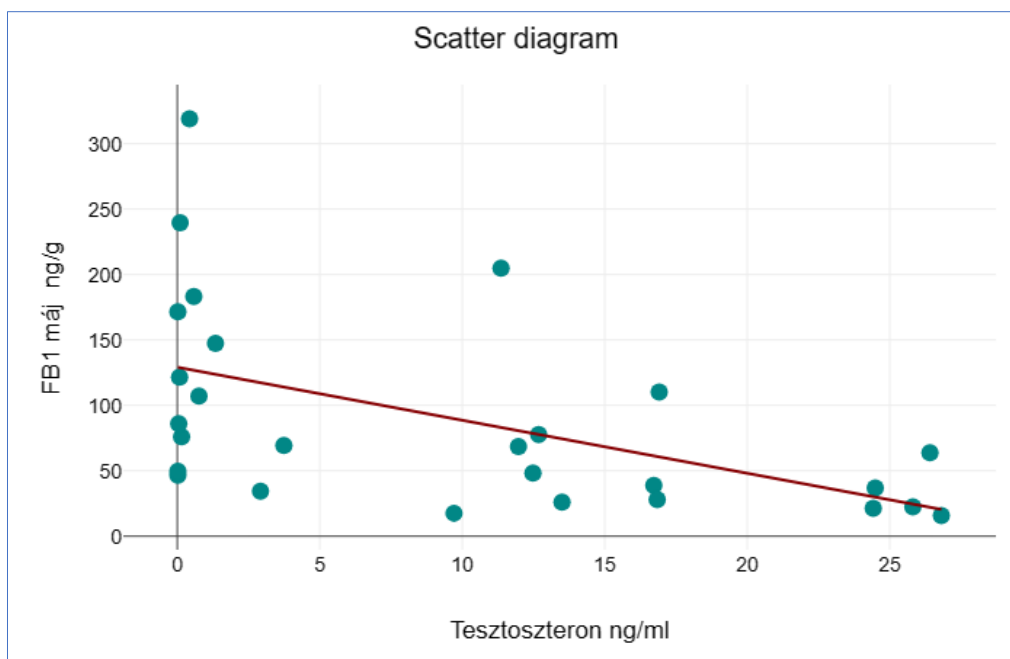
A FB1 és az AF nem mutatott korrelációt önmagában a testtömeg alakulásával.

6.3 A tesztoszteron szintet befolyásoló mikotoxin hatások vizsgálata

Megvizsgáltuk a dámbikák májban mért FB1 koncentrációjának és a tesztoszteron szint közötti korreláció meghatározó-e. A korreláció határozottan szignifikáns ($p=0,005$) eredményt hozott.

	r	p
Testoszteron ng/ml and FB1 máj ng/g	-0,52	,005

10. sz. táblázat A dámbikák tesztoszteron és májban mért fumonizin koncentráció korrelációjának szignifikancia teszt eredményéről

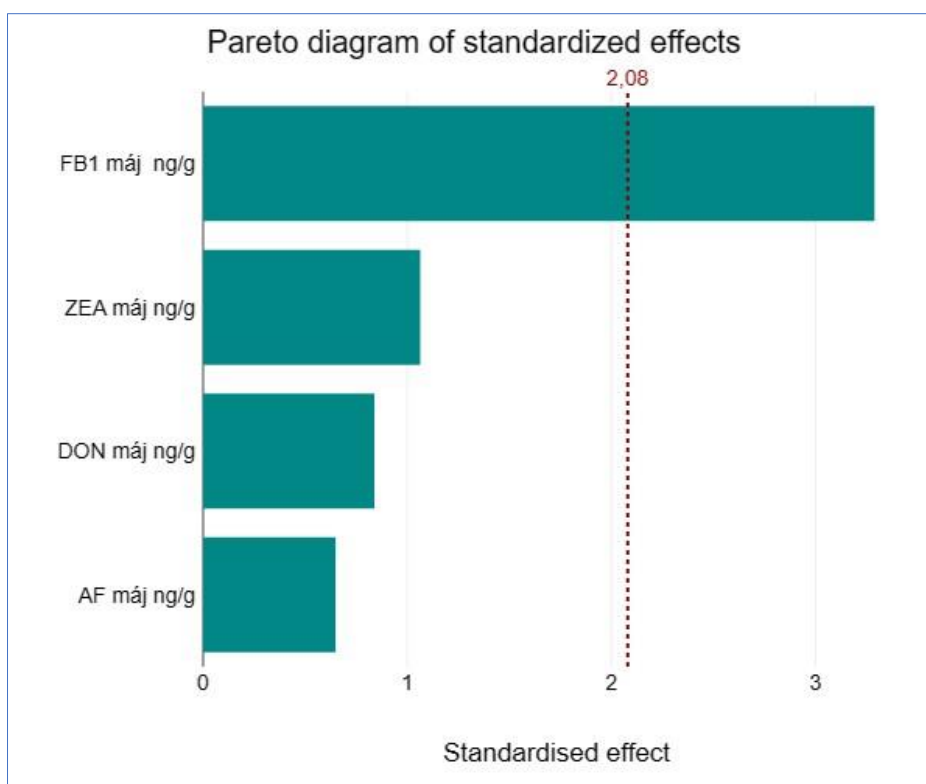


6. sz. diagramm A dábikák májában mért fumonizin B1 koncentráció és a tesztoszteron szint összefüggése

Megvizsgáltuk a multimikotoxin hatás érvényesülését a tesztoszteron szint változásának függvényében. Az eredmények alapján egyértelmű, hogy az egyes toxinok erősítik egymás hatásait a tesztoszteron csökkentés vonatkozásában. A fumonizin szignifikancia értéke $p=0,005$ -ről $p=0,004$ -re emelkedett, illetve az összes vizsgált mikotoxin együttes hatása is erősen szignifikáns értéket mutat: $p=0,009$.

Model	Unstd	Std	Std error	t	p	95% confidence interval for B	
	Coefficients	Coefficients				lower bound	upper bound
(Constant)	B	Beta					
	13,46		4,7	2,86	,009	3,68	23,23
ZEA máj ng/g	1,66	0,22	1,56	1,06	,3	-1,59	4,9
AF máj ng/g	8,24	0,12	12,7	0,65	,523	-18,18	34,66
DON máj ng/g	-0,19	-0,18	0,23	-0,84	,411	-0,66	0,28
FB1 máj ng/g	-0,08	-0,6	0,02	-3,29	,004	-0,12	-0,03

11. sz táblázat Az egyes toxinok együttes korreláció hatása a tesztoszteron szintre



7. sz. diagramm Többszörös lineáris regresszió diagramm a tesztoszteron és ZEA, AF, DON és FB1 együttes hatása

6.4. A dámbikák mikotoxin koncentráció eredményeinek korcsoportonkénti összehasonlítása

Megvizsgáltuk a kapott eredményeket a bikák vonatkozásában korosztályonkénti bontásban is, hogy lássuk van-e szignifikáns különbség az egyes korcsoportok között. 1-gyel jelöltük a fiatal korcsoportot 1-5 éves korig, 2-vel jelöltük a középkorú bikákat 6-9 éves kor között, illetve 3-sal jelöltük az öreg bikákat 10 éves vagy afeletti korban.

		Frequency	Median	Minimum	Maximum	Mean \pm Std.
E2 pg/ml	3	12	15,16	9,77	23,59	15,77 \pm 4,04
	2	10	20,96	11,46	28	19,82 \pm 5,58
	1	5	23,59	8,58	34,66	22,51 \pm 10,88
Tesztoszteron ng/ml	3	12	5,53	0,05	26,81	8,08 \pm 8,98
	2	10	15,17	0,1	26,41	15,98 \pm 9,35
	1	5	0,02	0,02	2,92	0,71 \pm 1,26
ZEA máj ng/g	3	12	2,73	2,1	3,89	2,93 \pm 0,6
	2	10	2,21	0	3,44	2,09 \pm 1,24

		Frequency	Median	Minimum	Maximum	Mean \pm Std.
	1	5	0	0	1,58	0,32 \pm 0,71
ZEA bélsár ng/g	3	12	22,83	14,88	38,88	23,68 \pm 6,51
	2	10	29	16,59	102,1	37,87 \pm 25,83
	1	5	41,25	36,49	45,27	41,06 \pm 4,49
AF máj ng/g	3	12	0,1	0	0,24	0,12 \pm 0,08
	2	10	0,1	0	0,5	0,12 \pm 0,15
	1	5	0,2	0,08	0,6	0,27 \pm 0,2
AF bélsár ng/g	3	12	3,12	0,57	6,85	3,64 \pm 2
	2	10	6,53	1,07	46,43	14,08 \pm 15,42
	1	5	59,05	33,33	79,84	57,82 \pm 20,53
AF izom ng/g	3	12	0,72	0,07	1,79	0,82 \pm 0,53
	2	10	0,82	0	1,99	0,82 \pm 0,65
	1	5	0,98	0,84	1,9	1,14 \pm 0,43
DON bélsár ng/g	3	12	74,5	0	162,6	67,15 \pm 65,88
	2	10	89,81	0	224,28	93,47 \pm 92,8
	1	5	108,78	102,36	204,6	131,13 \pm 49,07
DON máj ng/g	3	12	0,54	0	12,72	3,29 \pm 4,75
	2	10	0,3	0	11,76	3,46 \pm 4,81
	1	5	25,44	11,44	29,28	22,11 \pm 8,1
FB1 bélsár ng/g	3	12	17,55	0	49,65	18,07 \pm 17,86
	2	10	6,45	0	62,95	19,22 \pm 23,28
	1	5	5,63	0	64,8	19,01 \pm 30,98
FB1 máj ng/g	3	12	96,57	15,78	319	110,18 \pm 84,99
	2	10	42,57	21,27	239,5	62,41 \pm 65,05
	1	5	49,69	34,51	183,3	97,11 \pm 73,61
Testtömeg (kg)	3	12	67,5	61	73	67,08 \pm 4,1
	2	10	63	59	83	65,4 \pm 6,88
	1	5	47	35	52	45,6 \pm 6,35

12. sz. táblázat A dámbikák vizsgálata során kapott eredmények korcsoportonkénti bontásban 1-fiatal, 2- középkorú, 3- öreg

Az eredményekből határozottan látszik, hogy a fiatal bikák multimikotoxin koncentrációja jelentősen meghaladja a középkorú és öreg bikák mintáiban mért koncentrációt. Kizárólag a zearalenon májban mért koncentrációja volt alacsonyabb a fiatal bikák átlagában, mint a középvagy öreg korú bikák átlagában, illetve a fumonizin májban mért koncentrációja mutat ingadozást a kor előrehaladtával, a fiatal bikák májában mért koncentráció 56%-kal magasabb a középkorú bikákban mért értékek átlagához képest, de 12%-kal elmarad az öreg bikák májában mért eredmények átlagához viszonyítva. A bélsárban mért zearalenon, DON és aflatoxin koncentráció is a fiatal korosztályhoz tartozó bikákban mutatták a legmagasabb értékeket. Egyedül a fumonizin bélsárban mért értékei mutatnak közel azonos koncentrációt a három korosztályban. A statisztikai adatokból kiderül, hogy a toxinok közül a fumonizin koncentráció a májban a legmagasabb. Ez annak a következménye, hogy abszolútértéken a fumonizin irányadó határértéke a legmagasabb az állatok által elfogyasztott takarmányokban. A fiatal bikák vonatkozásában 83,6%-os, a középkorú bikák esetében 76,5%-os az öregbikáknál 85,9%-os a felszívódási aránya, ami igen magas. A szakirodalom szerint a fumonizinek rosszul szívódnak fel, gyorsan eliminálódnak, és a különböző állatfajokon végzett vizsgálatok szerint nem metabolizálódnak (Stockman et al., 2008.)

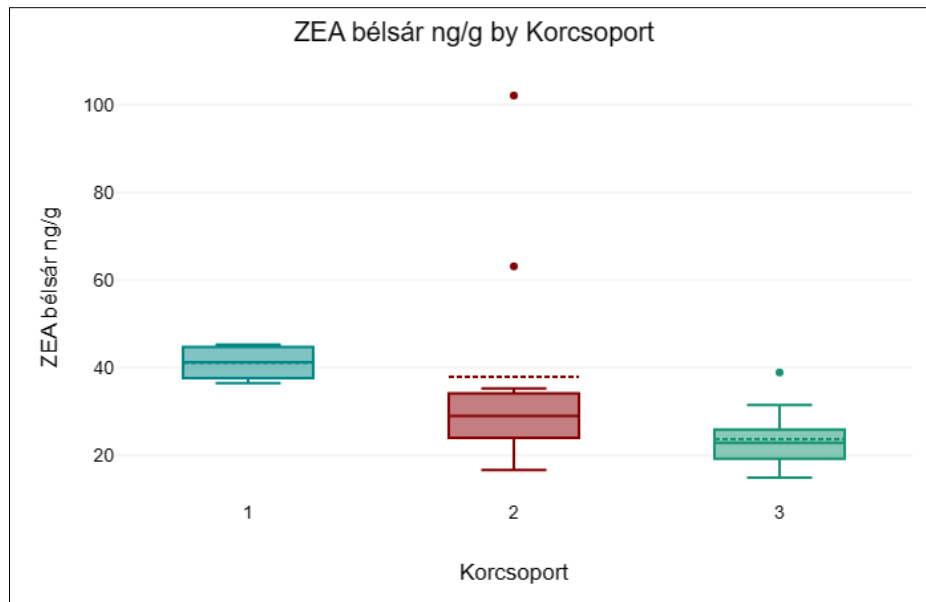
	Chi ²	df	p
ZEA bélsár ng/g	8,94	2	,011

13. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért ZEA koncentrációjának korcsoportonkénti Kruskal Wallis teszt eredménye

Korcsoport	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	p	Adj. p
1 - 3	12,67	4,42	2,87	,004	,012
1 - 2	6,9	4,52	1,52	,127	,382
3 - 2	-5,77	3,27	-1,76	,078	,235

14. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért Dunn Bonferroni teszt eredménye korcsoportonkénti összevetésekben

Az 1-es és 3-as korcsoport között szignifikáns ($p=0,004$) különbség van a zearalenon koncentrációban a bélsárban mérve.



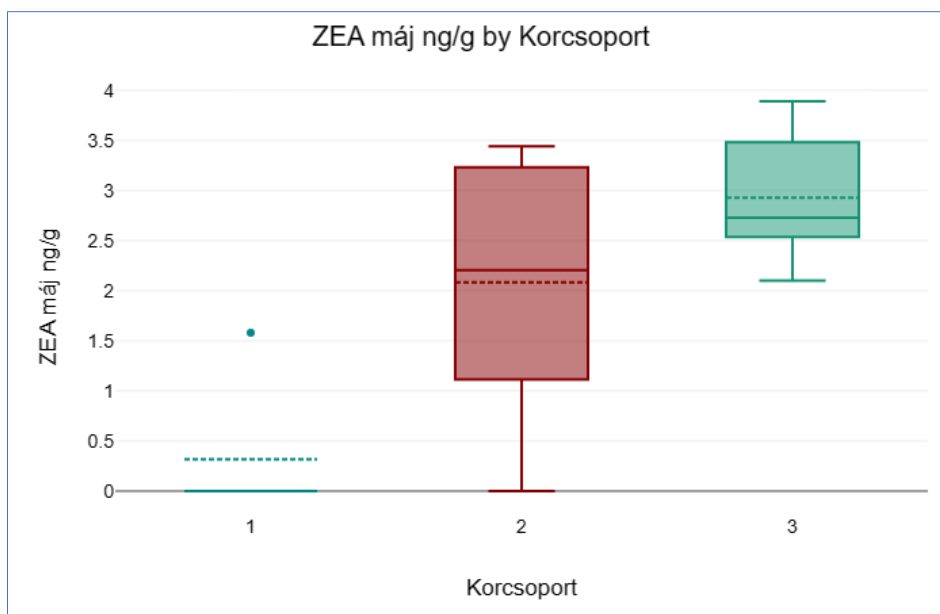
7. sz. diagramm A dámbikák bélsárban mért ZEA koncentrációjának eredményei korcsoportonként: 1-fiatal, 2- középkorú, 3- öreg

A májban mért eredmények alapján szignifikáns különbség van az 1-es korcsoport és a 2-es korcsoport, illetve az 1-es korcsoport és a 3-as korcsoport között, mindkét esetben a ZEA koncentrációja az 1-es korcsoportban szignifikánsan alacsonyabb.

Az egyutas ANOVA alapján a korcsoport és a máj ZEA tartalom közt van összefüggés. A varianciaanalízist követően a Bonferroni Post hoc test a következő eredményeket hozta:

Összehasonlított korcsoportok	Mean diff.	Std. Error	t	p	95% CI lower limit	95% CI upper limit
1 3	-2,61	0,484	-5,4	<.001	-3,87	-1,36
1 2	-1,77	0,498	-3,55	,005	-3,06	-0,48
3 2	0,84	0,389	2,17	,121	-0,17	1,85

15. sz. táblázat A dámbikák májban mért ZEA koncentrációjának korcsoportonkénti összevetésének Bonferroni Post hoc teszt eredményei



8. sz. diagramm Dámbikák májban mért ZEA eredményei korcsoportonként
1-fiatal, 2-középkorú, 3- öreg

Az aflatoxin bélsárban mért koncentrációja vonatkozásában is a fiatal (1-es) korcsoport és a középkorosztály (2-es) ($p < 0,001$), illetve a fiatal és az öreg (3-as) korcsoport között ($p < 0,001$) van szignifikáns különbség:

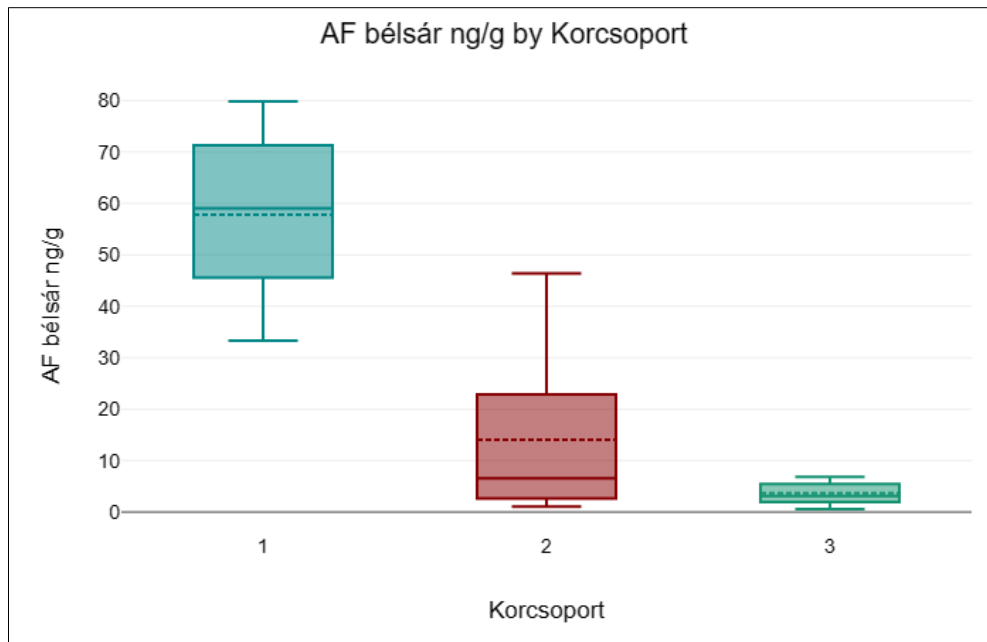
ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Korcsoport	8865,71	2	4432,85	29,57	<.001
Residual	3448,34	23	149,93		
Total	12314,05	25			

16. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért aflatoxin koncentrációjának korcsoport összefüggés vizsgálatának eredményei

		Mean diff.	Std. Error	t	p	95% CI lower limit	95% CI upper limit
1	3	54,18	7,069	7,66	<.001	35,78	72,58
1	2	43,74	7,244	6,04	<.001	24,89	62,59
3	2	-10,44	5,243	-1,99	,175	-24,08	3,2

17. sz. táblázat A dámbikák bélsárban mért aflatoxin koncentrációjának korcsoportonkénti összehasonlításának Bonferroni Post hoc teszt eredményei



9. sz. diagramm A dámbikák bélsárában mért aflatoxin koncentráció eredmények korcsoportonkénti bontásban 1-fiatal, 2- középkorú, 3-öreg

A DON májban mért koncentrációjában is szignifikáns különbséget találtunk a fiatal (1-es) és a középkorú (2-es) ($p < 0,001$), illetve öreg bikák (3-as) ($p < 0,001$) között, a fiatal bikákban jelentősen magasabb koncentrációban mutattuk ki.

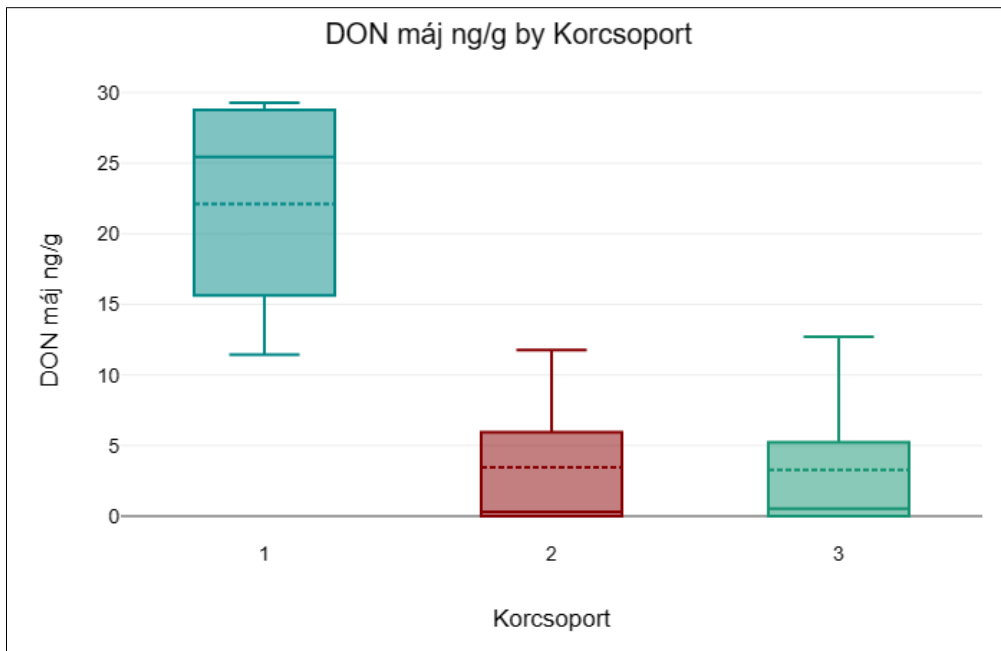
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Korcsoport	1431,93	2	715,96	23,9	<.001
Residual	718,88	24	29,95		
Total	2150,81	26			

18. sz táblázat A dámbikák májban mért DON koncentrációjának korcsoport összefüggés vizsgálatának eredményei

Bonferroni Post hoc test

		Mean diff.	Std. Error	t	p	95% CI lower limit	95% CI upper limit
1	3	18,83	2,913	6,46	<.001	11,27	26,38
1	2	18,65	2,998	6,22	<.001	10,88	26,43
3	2	-0,17	2,343	-0,07	1	-6,25	5,9

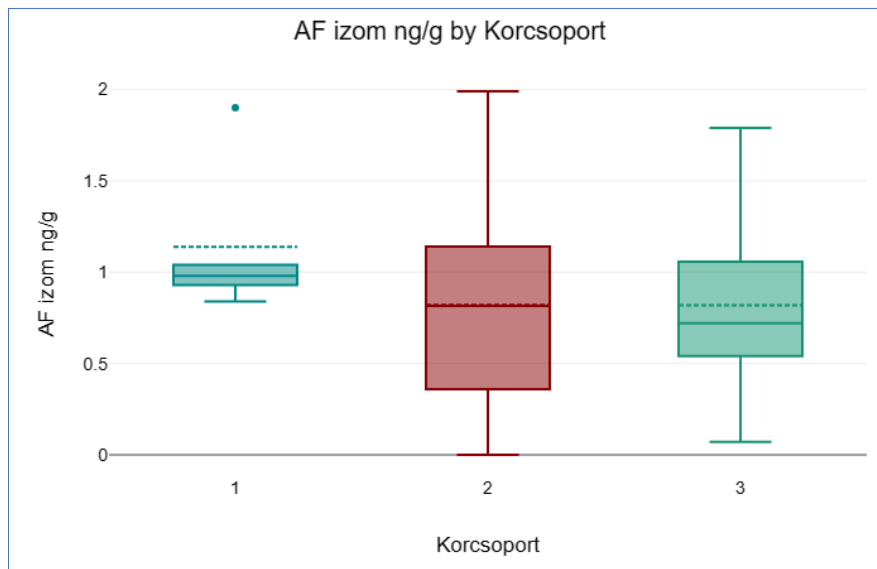
19. sz. táblázat A dámbikák májban mért DON koncentrációjának Bonferroni Post hoc teszt eredményei



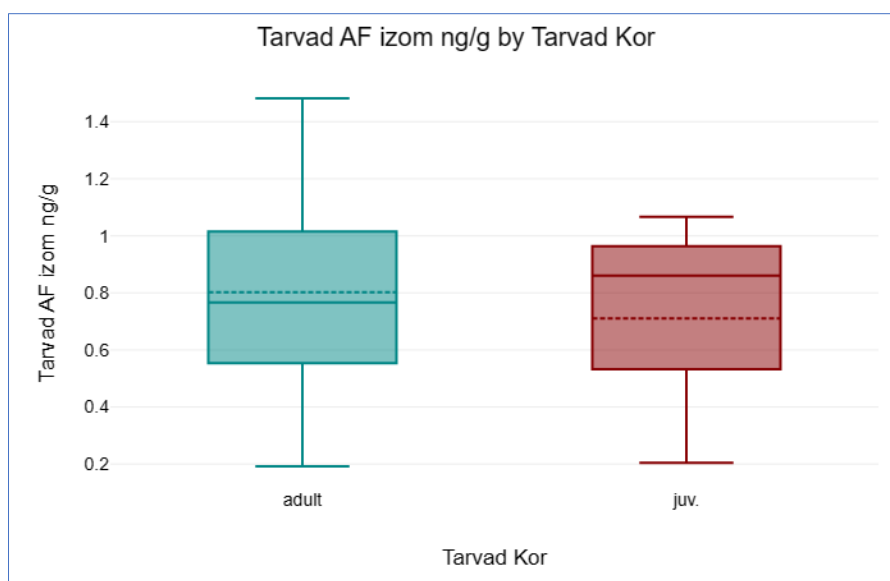
10. sz. diagramm A dámbikák májban mért DON koncentrációjának korcsoportonkénti eredményei 1- fiatal, 2-középkorú, 3-öreg

6.5. Az izomban mért AF koncentráció mérés eredménye

Az izomban total aflatoxin mérést végeztünk. Egyik egyedben sem mértünk aggodalomra okot adó koncentrációs mértéket. Megvizsgáltuk, hogy a kapott eredmények között van-e korcsoport differencia, de szignifikáns eltérést nem találtunk.



11. sz. diagramm AF izomban mért koncentrációja bikákban korcsoportonként



12. AF izomban mért koncentrációja tarvadokban korcsoportonként

6.6. A dámtarvadokban mért mikotoxin koncentráció eredmények

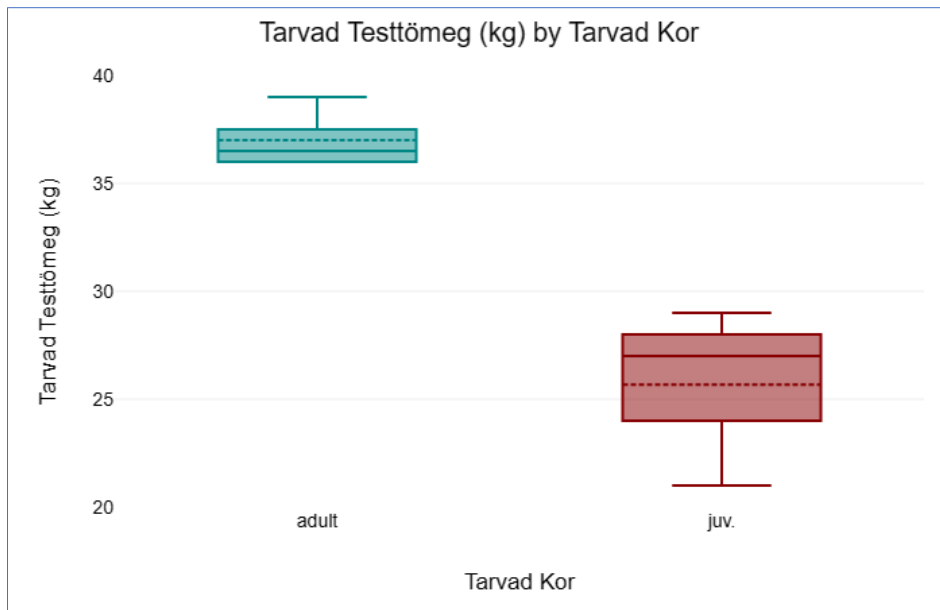
		Frequency	Media n	Std. Deviatio n	Min.	Max.	Mean ± Std.
Tarvad Testtömeg (kg)	ad.	4	36,5	1,41	36	39	37 ± 1,41
	juv.	3	27	4,16	21	29	25,67 ± 4,16
Tarvad P4 ng/ml	ad.	4	1,36	3,26	0,02	6,93	2,42 ± 3,26
	juv.	3	0,02	2,22	0,02	3,87	1,3 ± 2,22
Tarvad E2 pg/ml	ad.	4	25,7	13,15	20,31	49,7	30,35 ± 13,15
	juv.	3	61,97	73,07	16,37	159,42	79,25 ± 73,07
Tarvad ZEA máj ng/g	ad.	4	0,79	1,37	0	2,84	1,1 ± 1,37
	juv.	3	0	0,3	0	0,53	0,18 ± 0,3
Tarvad ZEA bélsár ng/g	ad.	4	37,24	6,59	29,69	42,83	36,59 ± 6,59
	juv.	3	44,27	16,67	24,42	57,54	42,08 ± 16,67
Tarvad AF máj ng/g	ad.	4	0,48	1,32	0,09	2,91	0,99 ± 1,32
	juv.	3	0,27	0,17	0,03	0,36	0,22 ± 0,17

		Frequency	Media n	Std. Deviatio n	Min.	Max.	Mean ± Std.
Tarvad AF bélsár ng/g	ad.	4	52,55	5,23	43,86	53,25	49,89 ± 5,23
	juv.	3	35,51	13,11	26,6	52,42	38,18 ± 13,11
Tarvad AF izom ng/g	ad.	4	0,77	0,53	0,19	1,48	0,8 ± 0,53
	juv.	3	0,86	0,45	0,2	1,07	0,71 ± 0,45
Tarvad DON bélsár ng/g	ad.	4	86,39	52,87	30	128,9	82,92 ± 52,87
	juv.	3	54,12	41	0	80,4	44,84 ± 41
Tarvad DON máj ng/g	ad.	4	15,72	13,42	4,12	30,88	16,91 ± 13,42
	juv.	3	9,88	7,92	2,12	17,96	9,99 ± 7,92
Tarvad FB1 bélsár	ad.	4	0,3	9,93	0	17,35	5,88 ± 9,93
	juv.	3	6	44,18	0	79,35	28,45 ± 44,18
Tarvad FB1 máj	ad.	4	27,07	4,66	23,93	34,8	28,22 ± 4,66
	juv.	3	29,55	37,81	7,9	81,48	39,64 ± 37,81

20. sz. táblázat A dámtarvadokban mért mikotoxin koncentráció eredményeiről korcsoportonkénti bontásban

A táblázatban szereplő eredményeket a dámbikák eredményeivel összehasonlítva egyértelmű aránybeli különbség látszik, ami vélhetően a különböző takarmány fogyasztáson, illetve a tarvadak fokozott mikotoxin ürítő képességének köszönhető egyes mikotoxinok vonatkozásában.

A tarvadak esetében a kapott eredmények korcsoportonkénti összehasonlítása csak a testtömeg vonatkozásában hozott szignifikáns eredményt t-próbával ($p=0,03$)



14. diagramm A dámtarvadak korcsoportonként testtömeg különbsége

7. Következtetések és javaslatok

Az agancstő rendellenességet mutató mintázott bikák adatai mutatják, hogy ezen bikák testtömege minden esetben kisebb a korcsoportjának megfelelő átlagtól. Ez egyértelműen utal arra, hogy az elváltozást előidéző ok nem csak az agancsfejlődésre gyakorol negatív hatást, az okot nem az agancstövön (pl. bakteriális fertőzés stb.) kell keresni. A DON mikotoxinnal szignifikáns korrelációt mutat a beteg egyed, mely toxin hatása hányás, a takarmány visszautasítása és csökkenő fehérjeszintézis, mely eredményezi a testtömeg csökkenést. Ezt a hatást erősíti multimikotoxin hatással az egyed szignifikáns korrelációja az aflatoxinnal. Az aflatoxin megemelkedett koncentrációjának hatására étvágytalanság lép fel, mely tünet a DON táplálkozásra gyakorolt negatív hatását tovább erősíti. A DON mikotoxin szaporodásbiológiai zavarokat is okoz. A tesztoszteron szint csökkenése szintén szignifikáns kapcsolatot mutatott az agancstő megbetegedéssel, ami visszavezethető arra, hogy a DON és ZEA mikotoxinok hatására a hipothalamo-hipofízis-here tengelyen olyan változás megy végbe, ami gátolja a tesztoszteron termelést. A vizsgált bikákban a fumonizin önmagában is ($p=0,005$), de a ZEA-val, DON-nal és AF toxinokkal együttesen szignifikáns ($p=0,009$) multimikotoxin hatást váltanak ki a tesztoszteron szintjére, radikálisan csökkentve azt. A tesztoszteron az agancsciklus hormonális szabályozásának legfontosabb eleme. Stimulálja az agancsképző csonthártyát az agancstő kifejlődéséhez, szöveti szinten közvetlenül az agancsnövekedést. Segíti az ásványianyag beépülést, csontosodást az agancs teljes kifejlődéséig, biztosítja a kapcsolatot az agancstő és az agancs között. (Lehoczki 2011.)

A kutatási eredményeink még az egy populációra szűkítve, 27-es mintaszámmal is igazolják, hogy az agancstő rendellenesség háttérében a szervezetet érő mikotoxin terhelések is állhatnak.

A vadgazdálkodás szempontjából mindenképpen figyelni kell az állomány alakulását az agancstő rendellenesség vonatkozásában, hiszen a jelen kutatási eredmények alapján, a terítékre került agancstő rendellenességet mutató bikák között a fiatal bikák aránya kimagasló, 75%, a terítékre került fiatal bikák között a rendellenes agancstővel rendelkezők aránya pedig 60%! A mintázott területen illetékes vadgazdálkodási szakirányítóként kiemelt figyelmet kell fordítanom a fiatal dambikák szakszerű állománykezelésére. Ki kell selejteznünk a fiatal korosztályból az agancstő rendellenességet mutató bikákat, mivel ezek egyrészt várhatóan nem lesznek képesek részt venni a szaporodásban, nem lesznek képesek teljes(gazdasági)értékű agancs felrakására sem, illetve a toxin koncentráció emelkedése és/vagy a hosszú távú kitettség

hatására a multimikotoxin terheltség az állat elhullását (az agancstő kitörik a koponyaacsontból, legyengült immunrendszer hatására fertőzés lép fel) eredményezheti.

Korábbi kutatások igazolták, hogy a DON és a ZEA mikotoxinok átkerülnek a vemhet viselő tarvadakból a magzatba. (Lakatos et al., 2024.) Figyelembe véve, hogy a takarmánnyal felvett, toxin koncentráció valamennyi toxin vonatkozásában a fiatal bikák esetében a legmagasabb a többi bika vagy a tarvadak eredményeihez viszonyítva, valószínűsíthető, hogy a szervezetben kumulálódó koncentrációs szint tovább fog emelkedni. A magas toxin koncentráció a fiatal bikák esetében több tényező következménye. Ezek a tényezők a következők:

- születésükkor már toxin terheltek az anyaállat által
- szoptatás során a tejben lévő toxinok is átkerülnek a tehénből a borjúba
- a bikák és a tarvadak különböző takarmányigénye miatt keletkező felhalmozódás, ami annak következménye, hogy a fiatal bikák (kb. 2 éves korig) a tarvad rudlikhoz tartoznak, azonos helyen veszik fel táplálékuk javát, ami mellett törekszenek az ivarjukhoz köthető táplálékigény kielégítésére is, ezáltal vélhetően a fiatal bikák táplálékforrás spektruma a legszélesebb
 - a juvenilis bikák testtömeg gyarapodása a legerélyesebb, ami fokozott takarmányfelvételt igényel a fiatal tarvadakhoz és az adult egyedekhez viszonyítva is.

Az adatok azt is igazolják, hogy az egyes toxinoknak való kitettségre a dámok vonatkozásában a fiatal korosztályhoz tartozó hímivarú egyedek (bikák) a legérzékenyebbek.

A tarvadak vonatkozásában a kevés mintaszám (7 minta) ellenére is jutottunk eredményre. Ami szembetűnő volt a bikákkal összehasonlítva, hogy a tarvadak mintáiban a mikotoxin koncentráció jelentősen különbözött. Ez arra enged következtetni, hogy nem azonos táplálékforrást használnak. A bikák azokat a növényeket részesítik előnyben a tarvadakkal szemben, melyeken a DON és a fumonizin termelő gombák telepsznek meg jelentősebb arányban, a tarvadak viszont a zearalenon és az aflatoxint termelő gombákkal szennyezett növényeket fogyasztják nagyobb mennyiségben a bikákhoz képest a bélsárban mért koncentrációk alapján. A különböző növények emésztéséhez nyilvánvalóan különböző bélflóra is társul, melyek különböző módon metabolizálják a toxinokat. A tarvadak zearalenonból többet vesznek (bélsár átlag 39,37 ng/g) fel táplálkozásuk során, ám annak lényegesen kisebb hányada szívódik fel (máj átlag 0,64 ng/g) és választódik ki a májban, mint a bikák (bélsár átlag 34,2 ng/g, máj átlag 1,78 ng/g) esetében. Ennek lehet többek között oka az is, hogy a tehének a magzatba és a tejbe is ürítik a toxint. A DON vonatkozásában ez éppen fordítva van, a bikák

jóval többet vesznek fel ebből a toxinból (bélsár átlag bika 97,25 ng/g, bélsár átlag tarvad 63,88 ng/g), de arányaiban jóval kevesebb szívódik fel és választódik ki a májban (máj átlag bika 9,62 ng/g, máj átlag tarvad 13,45 ng/g). Az aflatoxin és a fumonizin toxinoknál is a bikák esetében nagyobb a felszívódás aránya a felvett mennyiségből, viszont aflatoxin esetében a tarvadak által felvett mennyiség (bélsár átlag 44,04 ng/g) szignifikánsan meghaladja a bikák által felvett mennyiséget (bélsár átlag 25,18 ng/g), így a tarvadak májában kumulálódott mennyiség átlaga (0,61 ng/g) is jelentősen meghaladja a bikák májában (0,17 ng/g) mért koncentrációt. A fumonizin felhalmozódás következménye lehet a májelfajulás, ami gátolja a májat a méregtelenítő funkciójának ellátásában, ezzel jelentősen segítve a többi toxin kumulálódását és azok szervezetre gyakorolt hatásait. Az adatokból kiderül, hogy a táplálkozás során a szervezetbe juttatott fumonizin felszívódási aránya az öreg bikák esetében a legmagasabb (máj érték 110,18 ng/g), de nem nagyon marad el ettől az értéktől a fiatal bikákban (máj érték 97,11 ng/g) való felszívódásának az aránya sem. A fiatal bikák esetében még működnek - koruknál fogva - a test természetes méregtelenítő folyamatai, melyek hatékonyan gátolják a zearalenon (0,8%) és az aflatoxin (2,4%) felszívódását és kiválasztódását, de a DON-nal szemben - vélhetően annak magas koncentrációs terhelése miatt – már kevésbé ellenálló, hiszen annak 14,4 %-a felszívódik a szervezetbe. Az öreg korú bikáknál a felszívódó fumonizin máj gyengítő hatásán felül a korból eredő természetes méregtelenítő funkció gyengülése is rontja a toxinoknak való ellenállást. Az öreg korosztályba tartozó bikák esetében a legmagasabb a zearalenon (12,4%) és az aflatoxin (20,5%) felszívódás aránya a szervezetbe juttatott toxin koncentrációból, melyek eredményezhetik a tesztoszteron szint csökkenését. Az izomban mért aflatoxin koncentráció alacsony, humánegészségügyi kockázatot egyelőre nem jelent. A tarvadakban átlagosan 0,76 ng/g, a bikákban pedig átlagosan 0,93 ng/g koncentrációt mértünk.

Hoffman (1988.) besorolta az egyes fajokat táplálkozásuk szerint, de nem tett különbséget a fajon belül ivar, illetve korcsoportok között. Az erre vonatkozó konkrét kutatási eredményeket – a témához nem elégséges, hogy a bikának agancsfelrakáskor magasabb fehérje forrású takarmányra, vagy az agancsfelrakás végeztével magasabb energiaforrású takarmányra van szükségük – pontosítani szükséges ahhoz, hogy láthassuk, mely növények vizsgálata szükséges ahhoz, hogy megállapíthassuk ezek közül pontosan melyik növényfaj penészgomba fertőzöttsége és milyen arányban okozza a vadállomány mikotoxin terheltségét.

Ha már tudjuk, mely növényfajok, milyen arányban vesznek részt a károsításban, kezdhethetjük el annak vizsgálatát, hogy hogyan, miképpen mérsékelhetjük a vadállomány mikotoxin terhelését. Figyelembe véve, hogy a vad számára nem lehetséges elégséges mértékű toxin

megkötő adagolása a takarmányozás során, meglátásom szerint szükséges a növények penészgomba fertőzésének megakadályozása, de legalább mérséklése. Ehhez azonban szükséges a fentebb kifejtett táplálékanalízisek elvégzése faj-ivar-korcsoport szerint, az egyes növényfajok és azok étrendben betöltött arányának meghatározásához, hogy lássuk, mely növényfajokra kell kiemelt figyelmet fordítani (a kukoricán kívül).

A növények táplálékban betöltött szerepük rangsorolásához valamennyi növényevő vadfajunk vonatkozásában szükséges lenne a vizsgálat, mivel ezen eredmények összesítésével alakítható ki adott terület növényfajainak étrendben betöltött rangsora. Egyértelmű, hogy a vizsgálat nem végezhető el minden populáción, de megfelelő mintaállományokon végzett vizsgálatok alapján már lehet párhuzamot vonni a többi populációval és azok élőhelyi adottságaival.

A kereskedelemben számos, mikotoxin mérésre alkalmas, kémiai analitikai vagy akár immunoassay-alapú eljárás (mérési szolgáltatás vagy méréshez szükséges, Kit-jellegű termék) érhető el. Az immunoassay-alapú eljárások sok esetben akár közvetlen a mezőgazdasági területeken (termőföldön pl. a betakarításkor, termés betárolásakor, vásárláskor) szakképzetlen felhasználókkal is alkalmazhatók. Az eredmények segíthetnek a termékkel, termékkel kapcsolatos döntések meghozatalában, a szükséges beavatkozások elvégzésében. Az érzékenyséjük változó lehet, de a legtöbb esetben a diszkrét (határérték alatti jóval kisebb) dózisok már nem mindig mérhetők.

A vadgazdálkodóknak adott esetben jelentős segítséget jelentene a mérések vadászterületen történő alkalmazása. Stabil információt biztosítana a szakemberek számára arról, hogy a vadállomány táplálékforrása mekkora és milyen mikotoxin szennyezettséggel bír aktuálisan, milyen terhelések érik ezáltal az állományt. Kiegészítő takarmány beszerzése előtt lehetőség lenne helyben ellenőrizni a vásárlás előtt a takarmányt, hogy annak szennyezettségi szintje egyáltalán elfogadható-e. A betárolt, vadtakarmányozásra szánt termés rendszeres mérésekkel történő ellenőrzésével esetleg megelőzhető, de mindenképp mérsékelhető lenne a terménytárolás során megjelenő penészgombák mikotoxin termelése a szükséges és megfelelő beavatkozások elvégzésével. A vadászatra jogosult közvetlenül csak a kiegészítő takarmányozással tudja (pozitív vagy negatív irányban) befolyásolni a vadállomány mikotoxinoknak való kitettségét. Szükséges lenne egy olyan mikotoxin határérték meghatározására a takarmányban, mely érték alatt még nem szenvedne egészségügyi károkat egyik vadfajunk sem. Az ideális az lenne, ha létezne ilyen határérték minden vadfajunk vonatkozásában, de minimum nagyvad-apróvad bontásban. Természetesen a határértékeket

(amennyiben vadfaj csoportra kerülnek meghatározásra) mindig a legérzékenyebb faj határértékéhez kellene igazítani. Ez a határérték már stabil viszonyítási alapot biztosítana a vadászatra jogosultnak takarmány beszerzéskor.

A szántóföldi gombák ellen a megfelelő agrotechnika alkalmazása (pl. csávázás, nitrogén műtrágyaadag csökkentése, a megfelelő vetésforgó alkalmazása) nagyban csökkenti a gombafertőzés veszélyét. A gabona mikotoxin szennyeződését elősegíti pl. a kukorica elővetemény, a talaj felszínén hagyott kukoricaszár maradványok, melyről az azon már korábban megtelepedett penészgombák megfertőzik a friss vetést. A védekezés módszerei lehetnek pl. a fungicid kezelés és a rezisztencianemesítés is. Azonosítottak már antagonisták gombát és baktériumot is, amelyek alkalmazhatóak lennének a mikotoxin termelő fajok ellen.

A vadállomány szempontjából nem feltétlenül szükséges, hogy adott vadászterületen minden vetés mikotoxin mentes legyen. Végeztem egy vadkamerás felmérést annak megfigyelésére, hogy a szarvasfélék érzékelik-e a takarmányok minőségi különbségét azonos takarmánytípus esetén. A megfigyelést két szórón végeztem, a szórókon 2-2, szórónként azonos méretű tetővályú van kihelyezve. A kamera szemszögéből baloldali vályúkat töltöttem föl a penészes kukoricával, a jobb oldali vályúba tiszta kukorica került. A sötét megfigyelés idejére a földre helyeztem, hogy ne befolyásolja a megfigyelés eredményét. A megfigyelés már első nap egyértelmű eredményt hozott. A tiszta kukoricát teljesen kiették a vályúból, a szennyezett kukoricából azok az egyedek ettek, amelyek később érkeztek, tiszta kukorica már nem állt rendelkezésükre. Ők is azonban inkább csak „belekóstoltak” jobb híján a szennyezett takarmányba. Érdekes lenne vizsgálatokat folytatni arra vonatkozóan is, hogy milyen szennyezettségi szint felett érzékelik a különbséget az egyes takarmányok között. Ha erre képesek határértéken vagy az alatt is, akkor megfelelő minőségű és mennyiségű vadföld művelésével jelentősen mérsékelhető lenne a nagyüzemi agrárgazdálkodás negatív hatása.

A vadállomány szempontjából nehezíti a dolgot, hogy a vad nem csak a természetben takarmányokat fogyasztja, tehát a megfelelő agrotechnika alkalmazása csak mérsékelni tudja a problémát, illetve nincs számára megfelelő toxinmegkötő kifejlesztve. Figyelembe véve, hogy a vadhús potenciális humán ételmezési kockázat forrás, érdemes lenne kutatást indítani a vad számára megfelelő toxinmegkötő kifejlesztésére, és annak kijuttatási módjának kidolgozására is.

Amennyiben a vadgazdálkodásban érintett szakemberek megfelelő pontossággal tudják mérni a takarmányforrásként rendelkezésre álló növények mikotoxin terheltségét, és sikerül a

vad számára megfelelő toxinmegkötő kifejlesztése annak vad számára történő kihelyezésének kidolgozásával együtt, úgy lehetőség nyílik arra, hogy a vadban megakadályozzuk a mikotoxinok káros szintű felhalmozódását. Figyelembe véve, hogy a 2022/2023-as vadászév során nagyvadból keletkezett, humán fogyasztásra szánt vadhús mennyisége csak Magyarországon meghaladta a 11.821 tonnát (Országos Vadgazdálkodási Adattár adatai alapján), mindenképpen szükséges a vadállomány mikotoxin terheltségét vizsgálni, és az eredmények szerint „kezelni”.

8. Összefoglalás

A dolgozatban céлом a kutatásom szempontjából releváns mikotoxinok feltérképezése elsősorban azok keletkezése, csoportosítása, illetve állategészségügyi hatásaik megismerése volt, különös tekintettel a zearalenonra.

Felkutattam a három penészgomba nemzetség *Fusarium*, *Penicillium*, és az *Aspergillus* által termelt, jelentős toxikológiai hatással rendelkező mikotoxinok jelenleg elérhető szakirodalmi áttekintését. A mikotoxinok kutatása már az előző évszázad közepén megkezdődött, így jelentős mennyiségű szakirodalom áll rendelkezésre magukról a toxinokról, állatokra/emberre gyakorolt hatásaiknak kutatása folyamatos.

Háziállatokra gyakorolt mikotoxin hatások vonatkozásában jóval előrehaladottabb státuszban vannak a kutatások, így sikerült megfelelő mennyiségű forrást feldolgoznom a Fumonizinek, a T-2, DON, Zearalenon, és az Aflatoxin vonatkozásában, konkrét vadfajokra gyakorolt hatásokról azonban nagyon csekély számú vizsgálat folyt a mai napig.

Jelen kutatásba vontám egyedek mindegyikéből sikerült kimutatni a ZEA, DON, FB1, AF mikotoxinokat. Tekintettel arra, hogy jelenleg nincs hivatalos határérték megállapítva az egyes vadfajok vonatkozásában a megengedett mikotoxin szintekre, így a kapott eredményeket aszerint vizsgáltuk meg, hogy azok fejtettek-e ki hatást a testtömegre, okoztak-e tesztoszteron szint elváltozást, illetve agancstő megbetegedést a bikák esetében.

Sikerült igazolnunk, hogy a DON mikotoxin koncentrációja szignifikáns ($p=0,008$) kapcsolatban van az agancstő megbetegedéssel, csakúgy, mint ahogy a tesztoszteron szint csökkenése is ($p<0,001$). Szignifikáns kapcsolatot ($p=0,016$) tudtunk igazolni a májban felszívódott ZEA és a testtömeg növekedés között, illetve szignifikáns kapcsolatot tudtunk kimutatni ($p<0,001$) a DON koncentráció növekedés és a testtömeg csökkenése között. A tesztoszteron szint csökkenés a kapott eredmények alapján szignifikáns ($p=0,005$) kapcsolatban van a fumonizin májban mért koncentrációjával. Megvizsgáltuk, hogy a tesztoszteronszintre van-e a mért toxinoknak multimikotoxin hatása. A kapott statisztikai eredmények alapján a mért négy mikotoxinféle együttesen szignifikáns ($p=0,009$) hatást gyakorolnak a tesztoszteronszintre. Ezzel igazoltuk, hogy az egyes mikotoxinok képesek erősíteni egymás hatását, tehát nem elégséges külön-külön vizsgálni az egyes mikotoxinokat, szükséges azok együttes hatásvizsgálatát is elvégezni.

Végeztünk számításokat az egyes bika korcsoportok és az ivarok közötti mikotoxin koncentrációk összehasonlítására is.

Szignifikáns különbséget találtunk az egyes bika korcsoportok között a DON májban mért koncentrációjában, az AF bélsárban mért koncentrációjában, a ZEA májban és bélsárban mért koncentrációjában. Ezek igazolják az egyes korcsoportok különböző takarmány fogyasztását.

Az ivari mikotoxin koncentráció összehasonlítás is azt az eredményt hozta, hogy jelentős különbség van az egyes mikotoxinok felvétele és felszívódási aránya között is. A tarvadak táplálékforrása nagyobb koncentrációban tartalmazza a ZEA és AF mikotoxinokat, a bikáké pedig a DON és a fumonizin miotoxinokat. A szervezetbe történő felszívódási aránya is más az egyes mikotoxinoknak az ivarok között. Ennek több oka is lehetséges. Egyrészt a tarvadak bizonyítottan ürítik a ZEA és DON mikotoxinokat a magzatba a vemhesség során, illetve ezeken felül az AF mikotoxinokat a tejbe a szoptatás során. A bikák nagyobb eséllyel érik meg a 10 év vagy afeletti kort, hiszen a szelekciós vadászat során szándékosan lehetnek kímélve. A kor előrehaladtával azonban a szervezet méregtelenítő képessége csökken, ami segíti mikotoxinok felhalmozódását.

Végeredményként elmondható, hogy további mélyrehatóbb vizsgálatok szükségesek ivaronként, korcsoportonkénti bontásokban a táplálékforrások meghatározására, az azokból a szervezetbe került mikotoxinok határértékének meghatározására együttesen és külön-külön is.

A vadgazdálkodónak törekednie kell a vadállomány védelme érdekében a tőle elvárható szintig a mikotoxin terhelés mérséklésére.

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom diplomadolgozatom megírásához nyújtott önzetlen, szakmai és baráti segítségéért elsősorban Dr. Ferencziné Dr. Szőke Zsuzsanna konzulensemnek; Dr. Fehér Péter Árpádnak, aki javaslataival, véleményével segítette munkámat, illetve Lakatos Istvánnak, aki beavatott és bevont a dámok kutatásába.

Köszönet illeti munkahelyemet a Zsanai Vadásztársaságot, annak vezetőségét, kiemelten Farkas Attila elnök urat, aki lehetőséget biztosított a vadászterületen kutatásom elvégzésére, és időt biztosított szakmai tanulmányaim folytatására.

Végezetül, de nem utolsósorban nagyon nagy köszönettel tartozom családomnak is, akik mindvégig mellettem álltak és támogattak tanulmányaim és kutatásom során.

10. Irodalom jegyzék

Asher G.W. (2011.): Reproductive cycles of deer, Animal Reproduction Science Volume 124, Issues 3–4, Pages 170-175

Baranyi Nikolett (2016): Mezőgazdasági és klinikai szempontból jelentős aflatoxin-termelő *aspergillus* izolátumok jellemzése és genetikai variabilitásának vizsgálata, Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Mikrobiológiai Tanszék

Battacone G, Nudda A, Pulina G. Effects of ochratoxin a on livestock production. Toxins (Basel). 2010 Jul;2(7):1796-824. doi: 10.3390/toxins2071796. Epub 2010 Jul 8. PMID: 22069661; PMCID: PMC3153269.

Benett, J. W. M. Klich (2003): Mycotoxins, Clinical Microbiology Reviews, Vol. 16, N. 3, pages: 497-516

Benge, Sarah Elizabeth (2002): Nutrient selection by fallow deer (*Dama dama*) and roe deer (*Capreolus capreolus*), University of Southampton, School of Biological Sciences

Bennett, J. W. and M. Klich (2003): Mycotoxins, Clinical Microbiology Reviews, July 2003, p. 497–516

Borkowski, Jakub Artur Obidzinski (2003): The composition of the autumn and winter diets in two Polish populations of fallow deer. Acta Theriologica 48 (4): 539-546.

Bruno, Elisabetta, and Marco Apollonio (1991.): Seasonal Variations In The Diet Of Adult Male Fallow Deer In A Submediterranean Coastal Area, Revue D'écologie, 1991, 46 (4), Pp.349- 362.

Denli, Muzaffer, Juan Carlos Blandon, Silvia Salado, Maria Elena Guynot and Jose Francisco Pérez (2017.): Effect of dietary zearalenone on the performance, reproduction tract and serum biochemistry in young rats, Journal of Applied Animal Research Vol. 45, NO. 1, 619–622

Dr. Mézes Miklós (2020): Penészgombák és mikotoxinok a szarvasmarha takarmányokban és az ellenük való védekezés lehetőségei, Agrofórum Online, <https://agroforum.hu/szakcikkek/allattenyesztes-szakcikkek/peneszgombak-es-mikotoxinok-a-szarvasmarha-takarmanyokban-es-az-ellenuk-valo-vedekezes-lehetosegei/>

Dr. Szabóné Rajli Veronika (2019): A T-2 Mikotoxin Sejtkárosító Hatásának Kimutatása *In Vitro* És *In Vivo* Kísérletekben, Doktori Értekezés, Kaposvári Egyetem Agrár- És Környezettudományi Kar

Elek Balázs, Zsoldos Barnabás (2010): Magyar Vadászösvényeken, Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft., Debrecen

Flores-Flores, M. E., Lizarraga, E., de Cerain, A. L., & González-Peñas, E. (2015). Presence of mycotoxins in animal milk: A review. *Food Control*, 163-176.

Flores-Flores, M. E., Lizarraga, E., López de Cerain, A., González-Peñas, E., Coffey, R., Cummins, E., & Ward, S. (2009). Exposure assessment of mycotoxins in dairy milk. *Food Control*, 239-249.

Gelderblom WCA, Jaskiewicz K, Marasas WFO, Thiel PG, Horak RM, Vlegaar R, Kriek NPJ (1988). Cancer promoting potential of different strains of *Fusarium moniliforme* in a short-term cancer initiation/promotion assay. *Carcinogenesis* (Eynsham), 9: 1405-1409

González-Alvarez, M. Estefanía Bailey C. McGuire and Aileen F. Keating (2021.): Obesity alters the ovarian proteomic response to zearalenone exposure, *Biology of Reproduction* 105(1):278-289

Hewison, Aidan Jonathan Mark (1993): The reproductive performance of roe deer in relation to environmental and genetic factors. University of Southampton, Doctoral Thesis.

Hofmann, R. R. (1988). Anatomy of the gastrointestinal tract. In *The Ruminant Animal*, ed. D. C. Church, Prentice Hall: New Jersey, pp. 14-43

Horváth Z. (1983): Szarvasmarha egészségtana. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 538 p.

<http://www.ova.info.hu/>

https://hu.wikipedia.org/wiki/Eur%C3%B3pai_d%C3%A1mvad

Katona, Krisztián Anikó Gál-Bélteki, Attila Terhes, Kálmán Bartucz and László Szemethy (2014.): How important is supplementary feed in the winter diet of red deer? A test in Hungary, *Wildlife Biology* 20: 326-334.

Kosicki, Robert, Magdalena Twarużek, Krystyna Kannenberg and Jan Grajewski (2021.): Contamination of acorns of pedunculate oak (*Quercus robur* L.), as feed material, by moulds and mycotoxins, *Annals of Animal Science* 21(3)

Kovács Melinda (2013): A fumonizin B1 mikotoxin a táplálékláncban – egészségkárosító hatásai, Klinder Judit (Szerk.) Magyar Tudományos Akadémia 2014.

Kriszt, Rókus, Zsuzsanna Winkler, Ágnes Polyák, Dániel Kuti, Csilla Molnár, Erik Hrabovszky, Imre Kalló, Zsuzsanna Szőke, Szilamér Ferenczi, and Krisztina J. Kovács (2015.): Xenoestrogens Ethinyl Estradiol and Zearalenone Cause Precocious Puberty in Female Rats via Central Kisspeptin Signaling, *Endocrinology*, 156(11):3996–4007

Kuilman, M. E. M., R. F. M. Maas, D. J. Judah and J. Gremmels. (1998). Bovine hepatic metabolism of aflatoxin B1. *J. Agric. Food. Chem.* 46:2707-2713.

Lakatos, István, Bianka Babarczi, Zsófia Molnár, Arnold Tóth, Gabriella Skoda, Győző F. Horváth, Adrienn Horváth, Dániel Tóth, Farkas Sükösd, László Szemethy and Zsuzsanna Szőke (2024.): First Results on the Presence of Mycotoxins in the Liver of Pregnant Fallow Deer (*Dama dama*) Hinds and Foetuses, *Animals* 2024, 14, 1039.

Lehoczki Róbert (2011.): Az őz agancsminőségét befolyásoló egyes környezeti tényezők hatása, Doktori (PhD) értekezés, MATE Mezőgazdaság és Környezettudományi Kar

Mátrai, K. (1994): A gímszarvas, a dám és a muflon őszi tápláléka és élőhely használata a gödöllői dombvidéken. *Vadbiológia* 4: 11-17. pp.

Molnár Zsófia, Tóth Arnold, Bodó Kornélia, Török Tímea, Babarczi Bianka, Bodrogi Lilla, Török Alexandra, Nagyéri György, Szőke Zsuzsanna (2023.): Perspektívák a csirkeantitestek immunoassay-ben történő használatához a mikotoxinexpozíciós szintek kimutatására Irodalmi összefoglaló, *Magyar Állatorvosok Lapja* 145./83-95.

Obremski, Kazimierz Jan Kazimierz Zalewski, Magdalena Gajęcka, Łukasz Zielonka (2006): Zearalenone intoxication of game animals. *Polish Journal of Natural Sciences*, No 21(2): 1131-1138.

Pier AC, Richard JL, Cysewski SJ (1980): Implications of mycotoxins in animal disease, *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 176(8):719-724

Plank Patrik (2023.): A hazai nagyvadak természetes tápláléknövényeinek mikotoxin analízise, Diplomadolgozat, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet

Raju, M. V. L. N. and G. Devegowda. 2000. In *Mycotoxins: Their effects in poultry and some practical solutions.* 2005. *The Mycotoxin Blue Book* (Ed. D. E. Diaz). Nottingham University Press.

Rhind, S. M., D. Zygoiannis, J. M. Doney, I. D. Leslie and I. C. Hart (1984). Effects of Zeranol® implants and dietary supplement on growth rate, endocrine status and blood metabolite levels of growing lambs at pasture. *Animal Production*, 39, pp 269-276

Ribelin, W. E., K. Fukushima and P. E. Still. 1978. The toxicity of ochratoxin A to ruminants. *Canadian Journal of Comparative Medicine* 42:172-176.

Rodrigues I, Naehrer K. A three-year survey on the worldwide occurrence of mycotoxins in feedstuffs and feed. *Toxins (Basel)*. 2012;4:663–675.

Sáenz de Rodríguez CA, Bongiovanni AM, Conde de Borrego L. An epidemic of precocious development in Puerto Rican children. *J Pediatr.* 1985 Sep;107(3):393-6. doi: 10.1016/s0022-3476(85)80513-8. PMID: 3928858.

Santin, E., A. Maiorka, E. L. Krabbe, A. C. Paulillo and A. C. Alessi. 2002. Effect of hydrated sodium calcium aluminosilicate on the prevention of the toxic effects of ochratoxin. *J. Appl. Poult. Res.* 11:22-28.

Sharp, G. D., A. Dyer (1971.): Effect of Zearalanol on the performance and carcass composition of growing-finishing ruminants, *Journal of Animal Science*, vol. 33, no. 4.

Sosnovsky, Ilya Natalia Kukharenko, Alexander Senchik, Vyacheslav Gogulov (2020): Morphological abnormalities in the testes and epididymides of roe deer that affect spermatogenesis, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

Sreemannarayana, O., A. A. Frohlich, T. G. Vitti, R. R. Marquardt and D. Abramson. (1988.) Studies of tolerance and disposition of ochratoxin A in young calves. *J. Anim. Sci.* 66:1703- 1711.

Stockmann-Juvala H, Savolainen K. (2008): A review of the toxic effects and mechanisms of action of fumonisin B1. *Hum Exp Toxicol* 27(11):799-809.

Sugár László, Ács Kornél, Kreizinger Zsuzsa, Szeredi Levente, Gyuranecz Miklós (2015): Szarvasfélék és vaddisznó szaporodási szervrendszert érintő megbetegedései, Vad- és egzotikus állatok szaporodásbiológiája, állatkerti tenyésztési programok – Fiatal- és növendék állatok betegségei konferencia Kaposvári Egyetem, ÁKK, SEFAG Zrt. Lábodi Vadászterület, MTA ATK Állatorvostudományi Intézet, NÉBIH, Állategészségügyi Diagnosztikai Igazgatóság sugar.laszlo@ke.hu

Szabó-Fodor, Judit, Mariam Kachlek, Sándor Cseh, Bence Somoskői, András Szabó, Zsófia Blochné Bodnár, Gábor Tornyos, Miklós Mézes, Krisztián Balogh, Róbert Glávits, Dóra Hafner and Melinda Kovács (2015.): Individual and Combined Effects of Subchronic Exposure of Three Fusarium Toxins (Fumonisin B, Deoxynivalenol and Zearalenone) in Rabbit Bucks; *Clinical Toxicology* 5:4.

Szabolcs József (1968.): A dämadvad, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Szemethy László, Szőke Zsuzsanna, Sükösd Farkas, Kemenesi Gábor, Lakatos István (2021.): Mikotoxinok hatásaival kapcsolatos vizsgálatok, „Vadgazdálkodás és vadászat változó természeti, gazdasági, társadalmi környezetben” konferencia előadás anyag

Szőke, Zs., Lakatos, I., Peer, G., Szemethy, D., Vörös-Láczó, E., Szemethy L. (2019): Dél-Dunántúli régió dámszarvas populációit érintő trófeaépítési- és szaporodásbiológiai rendellenességek vizsgálat (2019) 25. Szaporodásbiológiai Találkozó, 2019. november 8-9. Balatonkenese, Közlemény:31188671

Tiemann, U. and S. Danicke. (2007.): *In vivo* and *in vitro* effects of the mycotoxins zearalenone and deoxynivalenol on different non-reproductive and reproductive organs in female pigs: A review. *Food Addit. Contam.* 24(3):306-314.

Towers, N.R. M.R. Siegel (1993.): Coping with mycotoxins that constrain animal production, *Grasslands for our World*: 548-554.

Uhlig S, Eriksen GS, Hofgaard IS, Krska R, Beltran E, Sulyok M. Faces of a changing climate: semi-quantitative multi-mycotoxin analysis of grain grown in exceptional climatic conditions in Norway. *Toxins (Basel)*. 2013;5:1682–1697.

Upadhya, S. D., H. G. Sung, C. H. Lee, S. Y. Lee, S. W. Kim, K. J. Jo and J. K. Ha. (2009.): Comparative study on the aflatoxin B1 degradation ability of rumen fluid from Holstein steers and Korean native goats. *J. Vet. Sci.* 10(1):29-34.

Upadhaya, Santi Devi M. A. Park and Jong K. Ha (2010): Mycotoxins and Their Biotransformation in the Rumen: A Review,) Asian-Aust. J. Anim. Sci. 23(9):1250-1260

Varga János, Szigeti Gyöngyi, Baranyi Nikolett, Szekeres András És Kocsubé Sándor (2014): Mikotoxinok, Mikotoxinogén Gombák, Micetizmusok, Jegyzet, Szegedi Tudomány Egyetem

Varga János, Szigeti Gyöngyi, Baranyi Nikolett, Szekeres András és Kocsubé Sándor (2014): Mikotoxinok, mikotoxinogén gombák, micetizmusok, Jegyzet, Szegedi Tudomány Egyetem

Yiannikouris, Alexandros Jean-Pierre Jouany (2002): Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review, Anim. Res. 51 (2002) 81–99

Zain, Mohamed E. (2010): Impact of mycotoxins on humans and animals, Journal of Saudi Chemical Society, Volume 15, Issue 2, April 2011, Pages 129-144

Zaki, Manal M. S. A. El-Midany, H. M. Shaheen and Laura Rizzi (2012): Mycotoxins in animals: Occurrence, effects, prevention and management Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences Vol. 4(1), pp. 13-28.

MÁB igazolás a nem kísérleti engedélyhez kötött állatokon végzett vizsgálatokhoz

Igazolás

Alulírott Dr. Hoffmann Orsolya Ivett, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának elnöke igazolom, hogy a „A szarvasfélék agancstő megbetegedésében és szaporodásbiológiai problémáiban, a mikotoxonok lehetséges szerepének vizsgálata” vizsgálati címmel végzett kutatás, nem engedélyköteles, állatokon végzett vizsgálat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Munkahelyi Állatjóléti Bizottságának tudtával és engedélyével végzik.

Gödöllő, 2023. 12. 28.



Dr. Hoffmann Orsolya Ivett

MATE SZIC MÁB elnök

Certification

As the head of the Institutional Animal Welfare Committee of Hungarian University of Agricultural and Life Sciences Szent István Campus, I declare that the investigation named 'Investigating the possible role of mycotoxins in antler disease and reproductive biology problems of cervids' is out of the scope of the 2010/63/EU Directive, and it is carried out with the knowledge and permission of the Institutional Animal Welfare Committee of Hungarian University of Agricultural and Life Sciences Szent István Campus.

12 28 2023



Orsolya Ivett Hoffmann, PhD

MATE SZIC

Head of the Institutional Animal
Welfare Body

Mikotoxin terheltség és fiziológiás elváltozások összefüggés vizsgálata dámszarvasokban (*Dama dama*)

Pálfiné Lábadi Anikó

Vadgazdamérnök Msc. levelező

Genetika és Biotechnológia Intézet, Állatbiotechnológia Tanszék

Belső témavezető: Dr. Ferencziné Dr. Szőke Zsuzsanna, tudományos főmunkatárs, MATE, Szent István Campus, Genetika és Biotechnológia Intézet, Állatbiotechnológia Tanszék

Külső témavezető: Lakatos István tájegységi fővadász, Agrárminisztérium, Vadgazdálkodási Főosztály, PhD hallgató

A dolgozatban egyik célom a kutatásom szempontjából releváns mikotoxinok feltérképezése elsősorban azok keletkezése, csoportosítása, illetve állategészségügyi hatásaik megismerése volt.

Felkutatam a három penészgomba nemzetség *Fusarium*, *Penicillium*, és az *Aspergillus* által termelt, jelentős toxikológiai hatással rendelkező mikotoxinok jelenleg elérhető szakirodalmi áttekintését.

Háziállatokra gyakorolt mikotoxin hatások vonatkozásában jóval előrehaladottabb státuszban vannak a kutatások, így sikerült megfelelő mennyiségű forrást feldolgoznom a Fumonizinek, a T-2, DON, Zearalenon, és az Aflatoxin vonatkozásában, konkrét vadfajokra gyakorolt hatásokról azonban nagyon csekély számú vizsgálat folyt a mai napig. Ez alapozta meg dolgozatom további céljait.

Jelen kutatásba vont dám egyedek mindegyikéből sikerült kimutatni a ZEA, DON, FB1, AF mikotoxinokat. Tekintettel arra, hogy jelenleg nincs hivatalos határérték megállapítva az egyes vadfajok vonatkozásában a megengedett mikotoxin szintekre, így a kapott eredményeket aszerint vizsgáltuk meg, hogy azok fejtettek-e ki hatást a testtömegre, okoztak-e tesztoszteron szint elváltozást, illetve agancstő megbetegedést a bikák esetében.

Sikerült igazolnunk, hogy a DON mikotoxin koncentrációja kapcsolatban van az agancstő megbetegedéssel, csakúgy, mint ahogy a tesztoszteron szint csökkenése is. Kapcsolatot tudunk igazolni a májban felszívódott ZEA és a testtömeg növekedés között, illetve a DON koncentráció növekedés és a testtömeg csökkenése között. A tesztoszteron szint csökkenés a kapott eredmények alapján összefüggésben van a fumonizin májban mért koncentrációjával. Megvizsgáltuk, hogy a tesztoszteronszintre van-e a mért toxinoknak multimikotoxin hatása. A

kapott statisztikai eredmények alapján a mért négy mikotoxinféle együttesen szignifikáns hatást gyakorolnak a tesztoszteronszintre. Ezzel igazoltuk, hogy az egyes mikotoxinok képesek erősíteni egymás hatását, tehát nem elégséges külön-külön vizsgálni az egyes mikotoxinokat, szükséges azok együttes hatásvizsgálatát is elvégezni.

Végeztünk számításokat az egyes bika korcsoportok és az ivarok közötti mikotoxin koncentrációk összehasonlítására is.

Szignifikáns különbséget találtunk az egyes bika korcsoportok között a DON májban mért koncentrációjában, az AF bélsárban mért koncentrációjában, a ZEA májban és bélsárban mért koncentrációjában. Ezek igazolják az egyes korcsoportok különböző takarmány fogyasztását.

Az ivari mikotoxin koncentráció összehasonlítás is azt az eredményt hozta, hogy jelentős különbség van az egyes mikotoxinok felvétele és felszívódási aránya között is. A tarvadak táplálékforrása nagyobb koncentrációban tartalmazza a ZEA és AF mikotoxinokat, a bikáké pedig a DON és a fumonizin mikotoxinokat. A szervezetbe történő felszívódási aránya is más az egyes mikotoxinoknak az ivarok között.

Végeredményként elmondható, hogy további mélyrehatóbb vizsgálatok szükségesek ivaronként, korcsoportonkénti bontásokban a táplálékforrások meghatározására, az azokból a szervezetbe került mikotoxinok határértékének meghatározására együttesen és külön-külön is.

A vadgazdálkodónak törekednie kell a vadállomány védelme érdekében a tőle elvárható szintig a mikotoxin terhelés mérséklésére.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Pálfiné Lábadi Anikó
A Hallgató Neptun kódja: VOPIKO
A dolgozat címe: Mikotoxin terheltség és fiziológiás elváltozások összefüggés vizsgálata dámszarvasokban (*Dama dama*)
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: Genetika és Biotechnológia Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állatbiotechnológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

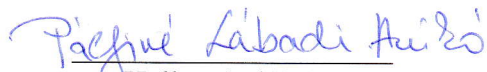
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Zsana, 2024. év április hó 19. nap


Hallgató aláírása

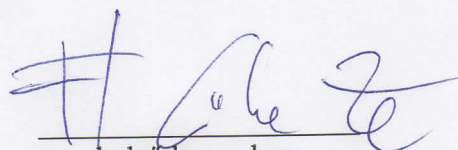
NYILATKOZAT

Pálfiné Lábadi Anikó (hallgató Neptun azonosítója: VOPIKO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2024. év április hó 19. nap


belső konzulens

NYILATKOZAT

Pálfiné Lábadi Anikó (hallgató Neptun azonosítója: VOPIKO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakedolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védesre **javaslom** / **nem javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2024. év április hó 19. nap

Kakabos László
belső konzulens