

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Szarvasfélék agancstő-megbetegedésének vizsgálata magyarországi állományokban

**Lakatos István
Kaposvár
2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet**

**Lakatos István
Kaposvár
2025**

A doktori iskola

megnevezése: Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem
Állattenyésztési tudományok Doktori Iskola

tudományága: állattenyésztési tudományok

vezetője: Prof. Dr. Szabó András
egyetemi tanár, az MTA doktora
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem
Élettani és Takarmányozástani Intézet
Élettani és Állategészségügyi Tanszék

Témavezetők: Dr. Szemethy László
Dr. Altbäcker Vilmos

Az iskolavezető jóváhagyása

Témavezetők jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. RÖVÍDÍTÉSEK JEGYZÉKE	5
2. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS	7
3. CÉLKITŰZÉSEK	8
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	9
4.1. Etikai engedély	9
4.2. Vizsgálati területek	9
4.3. Minta- és adatgyűjtés	9
4.4. Radiológiai vizsgálatok	10
4.5. Mikrobiológiai vizsgálatok	11
4.6. Toxikológiai immunoassay vizsgálatok	11
4.7. Szérum szteroid analízisek	11
4.8. Az agancsjellemzők statisztikai elemzése	12
4.9. A dámtehenek és magzatok adatainak statisztikai elemzése	12
5. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁS	13
5.1. A deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás tüneteinek leírása	13
5.2. Az aberráns tróféák előfordulása különböző szarvasfélékben	17
5.3. Az aberráns tróféájú szarvasfélék egészségi állapota	21
5.4. Agancstő-bőr kapcsoló struktúra (ABKS); szerkezeti és patológiai jellemzők	21
5.5. Az agancstő fertőzések és a bakteriális kórokozók jellemzői	21
5.6. Mikotoxikózis, hormonális rendellenességek és kapcsolatuk a csontképződéssel	22
5.7. A deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás (PCD) mint a sebgyógyulási zavarok következménye	24
5.8. A dámszarvas tehenek és magzataik mikotoxin vizsgálati eredményei	25
5.9. Az agancsok, mint biomarkerek	27
6. KÖVETKEZTETÉSEK	28
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	31

8. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK	32
A disszertáció témájához kötődő tudományos publikációk	32

1. RÖVÍDÍTÉSEK JEGYZÉKE

AAB Aberráns agancsgerendák

AANY Aberráns agancsnyúlvány

AASZ Aberráns agancsszár

ABKS Agancstő-bőr kapcsoló struktúra

ACN *Acetonitrile* (Acetonitril)

ACSN Aszeptikus csontnekrózis

AF *Aflatoxin*

DNS *Deoxyribonucleic Acid* (Dezoxiribonukleinsav)

ANOVA *Analysis of Variance* (Varianciaanalízis)

ASC *Antlerogenic Stem Cell* (Agancsképző őssejt)

CC *Capreolus capreolus* (Őz)

CE *Cervus elaphus* (Gímszarvas)

CIC *International Council for Game and Wildlife Conservation* (Nemzetközi Vadászati és Vadvédelmi Tanács)

CT *Computed Tomography* (Komputertomográfia)

DD *Dama dama* (Dámszarvas)

DICOM *Digital Imaging and Communications in Medicine* (Orvosi digitális képalkotás és kommunikáció)

DON *Deoxinivalenol*

EDC *Endocrine Disrupting Chemicals* (Hormonháztartást zavaró vegyületek)

ELISA *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (Enzimhez kötött immunoszorbens esszé)

ER *Estrogen Receptor* (Ösztrogénreceptor)

FB1 Fumonizin B1

FGF-4 *Fibroblast Growth Factor* (Fibroblaszt növekedési faktor)

GAM *Generalized Additive Model* (Statisztikai modell)

GCV Általános keresztértéyesítési pontszám

RH Gonadotropin-felszabadító hormon

HPLC *High Performance Liquid Chromatography* (Nagy teljesítményű folyadékkromatográfia)

HRP *Horseradish Peroxidase* (Tormaperoxidáz)

HT-2 *Fusarium trichotecén* mikotoxin

ICI *IntraCranial Infection* (Intrakraniális fertőzés)

IFN *Interferon*

IGF-I *Insulin-like Growth Factor I* (Inzulinszerű növekedési faktor I)

IL *Interleukin*

KN Kompenzációs növekedés

LH *Luteinizing Hormone* (Luteinizáló hormon)

MAPK *Mitogen-Activated Protein Kinase* (Mitogén-aktivált proteinkináz)

MKCS Morfológiai kontrollcsoport

MS *Mass Spectrometry* (Tömegspektrometria)

MT Mikotoxin

MTNY Magyar trófea nyilvántartás

MTR Magyar trófea regiszter

NCBI *National Center for Biotechnology Information* (Nemzeti Biotechnológiai Információs Központ)

NGS *Next Generation Sequencing* (Újgenerációs szekvenálás)

NK *Natural Killer* (Természetes ölősejt)

NTD *Neural Tube Defect* (Idegcső-rendellenesség)

OD *Optical Density* (Optikai denzitás)

OTA *Ochratoxin A*

PAS *Periodic Acid–Schiff* (Szöveti festési eljárás)

PBS *Phosphate-Buffered Saline* (Foszfát-pufferelt sóoldat)

PCD *Pedunculitis Chronica Deformans*

PCR *Polymerase Chain Reaction* (Polimeráz láncreakció)

PDJ *Peduncular-Dermal Junction* (Bőr–kötőszövet–csont kapcsolat)

PPR *Parathyroid Hormone-Related Peptide Receptor* (Mellékpajzsmirigy-hormonhoz kapcsolódó peptid receptor)

PTHrP *Parathyroid Hormone-related Protein* (Mellékpajzsmirigy-hormonhoz kapcsolódó fehérje)

RA *Retinoic Acid* (Retinsav)

RAAK Rózsa, agancs, agancstő, koponya

RANKL *Receptor Activator of Nuclear Factor Kappa-B Ligand* (NF- κ B ligand receptor aktivátor)

RAPS *Rose, Antler, Pedicle, Skull*

ROS *Reactive Oxygen Species* (Reaktív oxigéngyökök)

SOOS *Spike-on-one-side* (Tüske az egyik oldalon)

TGF *Transforming Growth Factor* (Transzformáló növekedési faktor)

TMB *Tetramethylbenzidine* (ELISA szubsztrát)

TRAP *Tartrate-Resistant Acid Phosphatase* (Borkősav-rezisztens savi foszfatáz)

TRKCS Trófea regiszter kontroll csoport

UTCI *Universal Thermal Climate Index* (Egyetemes hőmérsékleti klímaindex)

VGE Vadgazdálkodási egység

ZEA *Zearalenone*

2. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

A vadgazdálkodás és természetvédelem egyik alapvető feladata a vadon élő állatpopulációk egészségének és vitalitásának fenntartása. Magyarországon a szarvasfélék agancstő megbetegedései egyre gyakrabban jelentenek kihívást, melyek nem csupán esztétikai és vadászati értékcsökkenést okoznak, hanem az állatok jólétét, szaporodási sikerét és túlélési esélyeit is befolyásolhatják. Az agancs, mint dinamikusan fejlődő és regresszáló csontképlet, érzékenyen reagál az állat fiziológiai állapotára és a környezeti ingerekre, így az agancstő elváltozásai értékes indikátorai lehetnek a rejtett egészségügyi problémáknak vagy környezeti stresszhatásoknak.

Az agancstő megbetegedéseinek növekvő incidenciája a magyarországi szarvasállományokban aggodalomra ad okot a vadgazdálkodók és kutatók körében. Ezen elváltozások sok esetben multifaktoriális eredetűek, ami nehezíti a pontos diagnózist és a hatékony beavatkozási stratégiák kidolgozását. Jelenleg hiányoznak azok az átfogó adatok, amelyek a megbetegedések prevalenciáját, súlyosságát, valamint a lehetséges prediszponáló tényezőket tárnák fel.

2017 januárjában kezdtem meg a munkámat tájegységi fővadászként a Kapos-tolnai 403-as tájegységben. A terület részletes megismerése után szembesültem a dámszarvasoknál előforduló agancstő- és szaporodásbiológiai problémákkal. A szakemberekkel folytatott beszélgetések során kiderült, hogy számos elképzelés létezik a betegség hátterét illetően. Leginkább a bakteriális fertőzés és az általa okozott megbetegedés hipotézise dominált. Így kapta a köztudatban sokáig használt agancstőrothadás elnevezést. A hazai és a nemzetközi szakirodalmat áttanulmányozva világossá vált azonban, hogy a nálunk megjelenő agancstő elváltozás tünetei nincsenek pontosan leírva, az agancstő deformitások valódi kiterjedése és epidemiológiája továbbra is tisztázatlan, és okai sem tisztáztak egyértelműen. Pontos leírások nélkül nem lehet különbséget tenni a kóros eltérések és a fiziológiai változatok között. Ráadásul a klasszikus trófeaértékelési eljárások kizárják az ilyen deformitásokat mutató eseteket, mivel az érintett minták nem felelnek meg a standard kritériumoknak. Következésképpen ezt az állapotot kevesen ismerik fel, kevesen jelentik, így a valós elterjedtségét sem tudtuk. 2017 szeptemberében kezdeményezésemre egy új kutatócsoport alakult a jelenség alaposabb vizsgálatára.

3. CÉLKITŰZÉSEK

1. Az agancs, illetve agancstő rendellenesség felismerését, egyéb eredetű, például a nyilvánvalóan párosodási küzdelem során szerzett sérülés, hormonális, vagy tápanyag beviteli elégtelenség vagy a barkás szakban elszenvedett sérülések okozta eltérésektől való megkülönböztetést lehetővé tévő pontos alaktani leírása, meghatározása volt a cél.
2. Az agancs regeneráció és fejlődés legújabbán ismertetésre került tudományos eredményeinek és sejtszintű folyamatainak megismerése.
3. Olyan mintagyűjtemény és kontroll csoportok létrehozása, amely nem csak a multidiszciplináris vizsgálati lehetőségeket, hanem a környezeti hatások elemzését is lehetővé teszi.
4. A korábbi kutatások során felmerült fertőző ágensek szerepének vizsgálata, új metodikai megközelítéssel történő reprodukálása. Az agancstőbetegség és a koponya halálos gyulladós folyamatok kapcsolatának vizsgálata.
5. A haszonállat gazdálkodásban már ismert jelentőségű mikotoxin kitettség vizsgálata a dámszarvasnál.
6. Egyes mikotoxinok hatásának vizsgálata a dámszarvas bikák nemi hormon egyensúlyára.
7. Mikotoxinok megjelenésének vizsgálata a dámszarvas magzatokban a vemhesség korai szakaszában.
8. Vadgazdálkodási gyakorlatban használható eredmények létrehozása. A kutatás nemzetközi szintű ismertetése. A hazai vadgazdálkodók folyamatos tájékoztatása, az agancstő probléma jelentőségének széleskörű bemutatása.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. Etikai engedély

Az Intézeti Állatjóléti Bizottság állásfoglalása (NAIK MBK MÁB 004-09/2018) szerint a vizsgálat nem minősül állatkísérletnek, mivel a kutatók legálisan elejtett dámszarvas bikák teteméből gyűjtöttek mintát, következésképpen az etikai kezelési szabályok nem alkalmazandók. A tetemeket az arra jogosult vadgazdálkodók bocsátották rendelkezésre a mintavételhez, minden etikai és jogi előírásnak teljes mértékben megfelelően. A Tolna Megyei Kormányhivatal (TO-04H39/405-2/2020) számú, 2020.06.05-én kelt határozata engedélyezte továbbá az agancsos dámszarvasok vadászati idényen kívüli, kutatási célú kilövését.

4.2. Vizsgálati területek

A mintavételezés hét vadgazdálkodási egységben történt (GMU1: Gyöng; GMU2: Törököpány; GMU3: Gúth; GMU4: Kocsola; GMU5: Tamási; GMU6: Mészkenence; GMU7: Kelebia) az Alföld és a Dél-Dunántúli-dombság erdősült területein.

4.3. Minta- és adatgyűjtés

A klasszikus CIC (International Council for Game and Wildlife Conservation) trófea értékelés magában foglalja a kor, a főszár és a szemág hosszának mérését, ezért ezeket az adatokat a Magyar Trófea Nyilvántartásból (MTNY) fel tudtuk használni. Ebből a 2912 dāmagancs értékelő lapból képeztünk egy trófea regiszter kontroll csoportot (TRKCS) kizárva a "deformált", "sérült szárú" vagy "beteg szárú" megjelöléssel rendelkezőket. A Magyar Trófea Regiszter (MTR), vizsgálati régiókból, Tolna Vármegyéből a 2017 és 2020 között összesen 2924 dām nyilvántartási lapot tartalmazott, amelyek életkorra, szemág- és szárhosszra vonatkozó adatokat tartalmaztak. 50 dámszarvas (*Dama dama*) abnormális trófeát vizsgáltam, amelyeket 2017 és 2021 között gyűjtöttem a közép-európai Somogy és Tolna megyékben, Délnyugat-Magyarországon. Morfológiai kontrollcsoport (MCG) szolgált az összehasonlítás alapjául. Az MCG 24 trófeát foglalt magában Gúthról (<https://nyirerdo.hu/guthi-erdeszet/>), ahonnan ugyanebben az időszakban nem jelentettek agancstő rendellenességet. Ezen kívül öt őz (*Capreolus capreolus*) és három gímszarvas (*Cervus elaphus*) trófeát elemeztem. A korábbi tapasztalatokat is felhasználva 24 egészséges Morfológiai Kontroll Csoport, (MKCS) és 50 abnormis trófea részletes leírásával és összehasonlításával meghatároztuk azokat a strukturális elemeket, amelyek vizsgálatával az agancstő rendellenesség kiszűrhető. A RAAK jellemzőket elsősorban kvalitatív módon, vagyis minőségi leírások alapján határoztam meg.

A részletes morfológiai és szövettani vizsgálathoz teljes fejeket gyűjtöttem öt olyan dām egyedtől, amelyeknél az agancs morfológiája rendellenes volt. Továbbá az Vadászati Hatóság külön engedélyével öt barkás stádiumban elejtett, kifejezett agancs rendellenességet mutató

dámbikát mintáztam meg, amelyeket részletes patoanatómiai elemzésnek vetettünk alá, beleértve az agancstövet, a környező koponyacsontot és a kapcsolódó lágyrészeket is.

Az agancs proximális, kb. 20 cm hosszú szakaszát, nyilvánvaló rendellenesség esetén az egész agancsot, valamint a környező koponyatetőt, beleértve az összes lágyrészt és agyat kivágtuk és legalább egy hétig 10%-os formalinban rögzítettük. Ezeket a mintákat húsipari szalagfűrészszel 4 mm vastag szeletekre fűrészeltük. A látható elváltozásokat mikroszkópos vizsgálat céljából kivágtuk. A SZTE Patológiai Intézetében elektromos dekalcinálást alkalmaztunk egy Tissue-tek TDE 30 Decalcifier rendszerrel (ref.:1428 Sakura Finetek Europe, Alphen aan den Rijn, Hollandia) három héten keresztül, folyamatos ellenőrzés mellett. Azokat a mintákat, amelyeket ez idő után nem lehetett metszeni, egy hónapig 5% fenolt tartalmazó 70%-os etanolos oldatban vagy három hétig Q path DC3 (VWR ref.:09128300. Bécs, Ausztria) oldatban kezeltük tovább.

A dekalcinálást követően hagyományos (paraffin blokkba ágyazás és 5 mikrométeres metszetek készítése) kórszövettani technikát és citokémiai festéseket alkalmaztunk, úgymint H&E, PAS, Warthin-Starry, Gramm, Giemsa, Ziehl-Neelsen és Wade-Fite a lehetséges kórokozók kimutatására. Négy esetben, az egyéves trófeák esetében párhuzamos, 4 mm vastagságú szeleteket fűrészeltünk az agancstövekből, és dekalcinálást követően mikroszkópos vizsgálatokat végeztünk.

Több mint száz dámbikából, és mivel az agancs rendellenességgel érintett területeken szaporodási problémákat is tapasztaltak, dámtehenekből is vettem mintát. Az egyedeket a vadászatra jogosultak a szokásos vadászati tevékenységük során ejtették el. 2019-től három éven keresztül, külön engedéllyel vizsgáltuk a felrakási időszakban elejtett, beteg agancstövű dámbikákat is. A helyszínen történt zsigerelés közben először a tüdő artériából 50ml vért vettem alvadás után a szérumot 1,5 ml Eppendorf csövekben fogyasztottam. Izom, máj, vese, gyomortartalom, hulladék és here ill. a női ivarszerv, valamint az agancstő mellől bőr és kötőszöveti mintát vettem. A belső szerveket fagyasztva a bőr és kötőszöveti mintát hűtve tároltam.

A toxikológiai és hormonális paraméterek megállapítására a 2019-es és 2020-as vadászati szezonban 58 agancs rendellenességet mutató és kontrollként 31 egészséges dámszarvas bika vér, máj- és izom mintáit gyűjtöttük be.

A dámtehen vadászatok a 2020/2021. december–január közötti rendes vadászati idényben hajtották végre. A májat és a méhet a fejlődő magzatokkal a lövést követő 3 órán belül eltávolítottam, és az elemzésig fagyasztva tároltuk. Az elemzéseket 70 dámtehen és 72 magzat májmintáin végezték, mivel két tehennek ikrei voltak. A magzatok életkorát három csoportba soroltuk: egy hónapos, két hónapos, három hónapos.

4.4. Radiológiai vizsgálatok

A 16 aberráns trófeáról és 2 teljes lágyrészeket is tartalmazó fejről készültek komputertomográfias (CT) felvételek GE CT/e modell egy szeletes CT szkennerevel. A vizsgálatot Dr. Arany-Tóth Attila végezte az Állatorvostudományi Egyetemen. A felvételi paraméterek a következők voltak: helikális üzemmód, 512 × 512 mátrix, 1 mm-es

szeletvastagság, 1 mm-es képintervallum, 120 kVp, 20-120 mA és csontkonvolúciós mag. A koponyáról a kemény szápadlásra merőlegesen keresztirányú felvételeket készítettünk. A vizsgált terület a nyakszirtecsonttól a középső szemgödör régiójáig terjedt, beleértve az agancsot is. A DICOM-képeken a csontos struktúrákat 4000-es ablakszélességgel és 400 HU-s szinttel értékeltük ki.

4.5. Mikrobiológiai vizsgálatok

2018 és 2020 között 42 dámszarvas agancstő problémás eset agancstövek mellől kimetszett bőr- és kötőszöveti mintáit vizsgáltuk hagyományos tenyésztési módszerekkel az Országos Állategészségügyi Intézetben és 2020-ban és 2024-ben újgenerációs szekvenálással (NGS) is a PTE Virologiai Laboratóriumban.

4.6. Toxikológiai immunoassay vizsgálatok

A vizsgálatokat a MATE Genetika és Biotechnológia Intézet Szaporodásbiológia és Toxikológia csoportjának laboratóriumaiban végeztük. A mikotoxinok mennyiségi meghatározásához ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent Assay) alapú kompetitív immunoassay méréseket alkalmaztunk. A bélsár, izom és máj mintákból szerves oldószeres extrakcióval nyertünk ki a mikotoxinokat. Az ELISA méréseket Thermo Labsystems Multiskan EX ELISA olvasókészülékkel végeztük.

A zearalenon tartalom méréséhez a Ridascree ELISA készletet (R-Biopharm, No.) alkalmaztuk.

A bélsár mintákból az aflatoxinokat a takarmányanalízisre vonatkozó szabványok szerint, egy korábban már validált módszer alapján elemeztük. Az izom- és májminták esetében pedig kifejezetten állati szervekre és szövetekre kifejlesztett módszert alkalmaztuk.

A deoxynivalenol mennyiségének meghatározásához a Toxi-Watch (Soft Flow Kft, Pécs) kvantitatív, kompetitív immunoassay készletét alkalmaztuk.

A fumonizin B1 (FB1) meghatározására a Ridascree (R-Biopharm, No.) ELISA készletet alkalmaztuk.

A T-2 és HT-2 toxinok mennyiségi meghatározására a Bio-Shield T2/HT-2 ELISA készletet (Prognosis Biotech, Larissa, Görögország) alkalmaztuk, szigorúan a gyártó utasításai szerint.

4.7. Szérum szteroid analízisek

A hormonelemzések során a gyártó iránymutatásait követtük. A szérummintákat az ivarzási időszakokban gyűjtöttük, és háromszoros ismételtsében mértük a NovaTec Immundiagnostica

(Dietzenbach, Németország) 17-béta-ösztadiol (Cat No: DNOV003), progeszteron (Cat No: DNOV006) és tesztoszteron (Cat No: DNOV002) kitékkel.

4.8. Az agancsjellemzők statisztikai elemzése

A morfológiai rendellenességek rózsza, agancs, agancstő, rózsza (RAAK) jelenlétét: 1 értékkel (jelenlét) és 0 értékkel (hiány) rögzítettük, mindkét oldalra vonatkozóan külön-külön. Az A2.1 és az A3.1 akkor minősült jelenlévőnek, ha a szemág és az agancsszár hossza alacsonyabb volt, mint a szemág és az agancsszár hosszának a TRKCS-ben a megfelelő kor és oldal eloszlásának alsó 20%-os és 5%-os kvantilise. Az átlagok közötti páros összehasonlításokat - hacsak másként nem szerepel – 2-mintás Wilcoxon-tesztekkel végeztük, Holm-féle többszörös tesztelési korrekcióval. A számításokat az R nyelv és környezet használatával végeztük (R Core Team (2023), az ábrákat ggplot2 segítségével rajzoltuk, ggpubr (Kassambara, 2023), ggraph (Pedersent, 2024) és pheatmap (Klode, 2019) felhasználásával (Sükösd és mtsai, 2025).

4.9. A dämtehenek és magzatok adatainak statisztikai elemzése

A dämzarvas tehenek és magzatok esetében a májban lévő összes mikotoxin-koncentrációt mediánját számítottuk. Kruskal-Wallis ANOVA-t használtunk (ezt követte Dunn post-hoc tesztje többszörös összehasonlításhoz) a szarvastehenek és a magzatok mikotoxin szintjének különbségeinek tesztelésére, a Mann-Whitney tesztel pedig a dämzarvas tehenek és a magzatok toxinszintje közötti különbséget vizsgáltuk. Kruskal-Wallis tesztet használtuk a mikotoxin-koncentrációk összehasonlítására a különböző magzati korcsoportok között. A dämzarvas tehenek és magzataik mikotoxinszintje közötti hipotetikus kapcsolat elemzésére általánosított additív modelleket (GAM) végeztünk az R "mgcv" (ver. 1.7–23) csomagjában. A GAM-ok megfelelőek, mert lineáris vagy nemlineáris összefüggéseket észlelnek egy adott válasz és a releváns előrejelző változók között. Esetünkben a magzatok mikotoxin koncentrációját tekintettük válaszváltozónak, míg a dämzarvas tehenek mikotoxinszintje és kölcsönhatásai voltak a prediktorok. Az összes statisztikai tesztet az R v. 4.2.3 segítségével végeztük.

5. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁS

5.1. A deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás tüneteinek leírása

Az aberráns trófeák jellegzetességeinek rendszerezéséhez egy részletes osztályozást dolgoztam ki, amely 22 különböző jellemzőt vizsgál. Ezek a jellemzők négy fő területre oszthatók:

- Rózsa rendellenességei (3 jellemző: R1-R3)
- Agancs rendellenességei (6 jellemző: (A1, A2, A2.1, A3, A3.1, A4)
- Agancstő rendellenességei (7 jellemző: P1-P7)
- Koponya rendellenességei (6 jellemző: S1-S6)

Ezt a rendszert RAAK-jellemzőknek neveztem el. Mivel ezek kombinációi a betegség súlyosságát is jelezhetik, a betegség progressziójának négy fokozatát (**1. ábra**) határoztam meg amelyek kiindulópontként szolgálhatnak egy jövőbeni, nagyobb állományokra alkalmazható általánosan elfogadott osztályozásnak.

	I	II	III	IV
Rózsa				X
	Granularitás megszakadás ≤ 1 cm	Granularitás megszakadás > 1 cm	Rózsa deformitás	
Agancs				
	Tüske	Szemághossz különbség	Főszár különbség	Agancs hiány
Agancstő				
	Palást érdesség	Deformitás	Szabad levetési felszín	Agancstő hiány/sipoly
Koponya				
	Agancstőkörnyéki egyenetlenség	Sipoly a koponyán	Szivacsos átépülés/áthelyeződés	Varrat/ koponya megnyílás

1. ábra. RAAK pontjainak magyarázata

A RAAK jellemzők vizsgálatával hatékonyan azonosítható és felmérhető a deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás (Pedunculitis chronica deformans, PCD) súlyossága.

A rendellenességeket a következőképpen osztályoztuk:

- Rózsa: három súlyossági fokozatba sorolható.
- Agancs, Agancstő, Koponya: négy-négy súlyossági fokozatot különböztettünk meg.

A trófeák morfológiai eltéréseinek vizsgálatához egy 22 szempontból álló értékelési rendszer az 1. táblázatban részletezett jellemzőket veszi figyelembe. Ez az átfogó protokoll biztosítja a rendellenességek pontos és szakszerű felmérését.

1.táblázat. A RAAK jellemzőinek részletes leírása

Rózsa	R1	A rózsa gyöngyözöttség folytonossági hiánya 5 mm-nél hosszabb, de 1 cm-nél kisebb.
	R2	Rózsa deformitás (a levetett agancson is értékelhető)
	R3	A rózsa szemcsézettségének elvesztése nagyobb, mint 1 cm
Agancs	A1	A rózsából kiinduló számfeletti ág, ami extra agancsbimbót jelezhet.
	A2	A szemág két oldala közötti látható hosszkülönbség (több cm).
	A2.1	Mérhető különbség, a trófea regiszter kontrollcsoportól (TRKCS), amit a Magyar Trófea Regiszter adataiból képeztünk, az agancstő rendellenességre utaló feljegyzéssel rendelkező esetek kizárása után.
	A3	Az agancsszárak egymáshoz viszonyított látható hosszkülönbsége (több cm).
	A3.1	A TRKCS-hoz viszonyított mért különbség
	A4	Az agancs hiánya, vagy csak rendellenes agancsszárak megléte
Agancstő	P1	Egyenetlenség (rozsdásodásszerű érdesség) az agancstő proximalis felszínén (disztálisan fiziológias)
	P2	Az agancstő deformitása, vagyis a szabályos kör két átmérőjének (D és d) több mint 4 mm-es, szemmel is látható különbsége
	P3	Az agancstő fiziológiásnál nagyobb mértékű megrövidülése
	P4	A agancstő kiszélesedése a normális mértéket meghaladó mértékben
	P5	Agancstövi sipoly
	P6	Szabad levetési felszín, amelyből nem áll ki semmilyen agancs csontból álló nyúlvány
	P7	Az agancstő levetési síkjának több mint felében az a koponya síkjában vagy az alatt helyezkedik el
Koponya	S1	Az érdesség a koponya felszínére is ráterjed

S2	A koponyacsontok szivacsos átalakulása, ahol a képződött üregek nagyobbak, mint a szivacsos csontban lévő intertrabecularis terek
S3	A koponyacsontok közötti varrat szétválása
S4	A kortikális csontok szétválása
S5	A sipoly szájadéka a koponyán, az agancstőtől távol nyílik
S6	Az agancstő közepe jelentősen eltolódott, jellemzően a szemöldökív felé

A RAAK jellemzőket patomorfológiai eltéréseik súlyossága alapján 4 fokozatba soroltuk (2. táblázat).

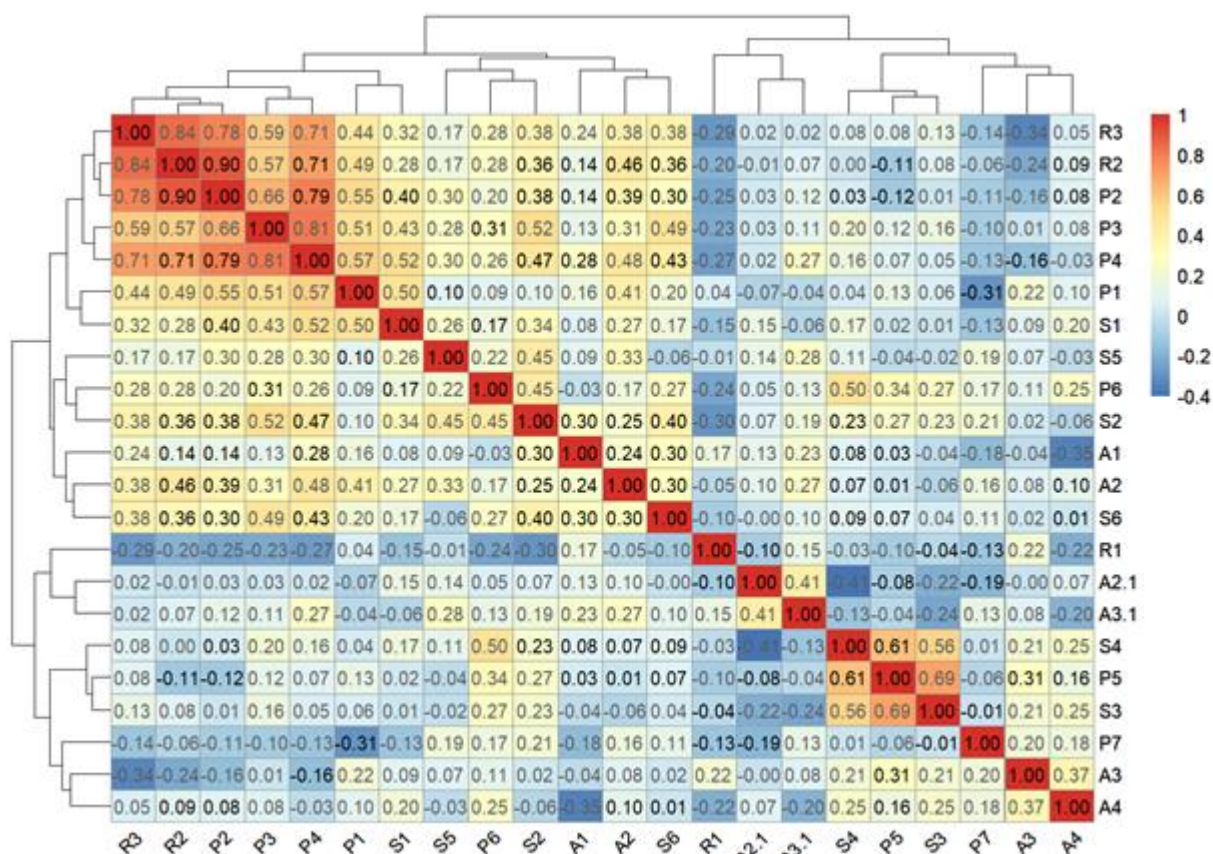
2. táblázat. A RAAK jellemzőinek súlyossági fokozatai

I. fokozat	R1, A1, P1, S1
II. fokozat	P2, R2, A2, A2.1, P2, P3, P4, S2, S6
III. fokozat	R3, A3, A3.1, P5, P6, S4
IV. fokozat	A4, P7, S3, S4

Az agancstövek (ellipszisként modellezett) kis (d) és nagy (D) tengelyeinek segítségével megvizsgáltam, hogy a PCD okoz-e elliptikus torzulást az agancstőben. Az ellipticitást a fókuszoknak az origótól való távolsága alapján számszerűsítettem: $(\sqrt{(D/2)^2 - (d/2)^2})$, valamint az excentricitás (fókuszok távolsága/D) elemzésével.

Mindkét mérőszám szignifikánsan eltérő átlagokat mutatott a beteg és az egészséges kohorsz között (2 mintás Wilcoxon-teszt, p-értékek: $4,371 \cdot 10^{-7}$ és $1,426 \cdot 10^{-4}$). A beteg egyedeknél nagyobb fokú ellipszicitást tapasztaltam.

Összehasonlítottam a RAAK jellemzők gyakoriságát az egészséges Morfológiai kontrollcsoport (MKCS) és az aberráns agancsú dák csoportok között. Az északi kontroll területéről (Guthról) származó MKCS-on (24 trófea) 1056 morfológiai jellemzőt vizsgáltam, amelyek közül 16 (1,52%) mutatott anomáliát. Ezzel szemben a vizsgálati területünkről származó aberráns dáktrófeák (50 trófea, 2200 vizsgált jellemző) között 989 kóros jellemzőt (44,95%) észleltem. A 22 jellemzőből 20 statisztikailag is szignifikáns diszkriminátor volt (Pearson-khi-négyzet teszt, 2. ábra).



2. ábra. Az 50 vizsgált dámszarvas (*Dama dama*) RAAK jellemzőinek összefüggései

A Fisher-féle egzakt teszt ($p < 0,0001$) megerősítette, hogy a RAAK jellemzők nagymértékben elkülönülnek a csoportok között.

Az agancs rendellenességeket általában egyoldalú elváltozásnak tekintik. Kutatásom azonban kétoldali érintettségre utalt, amely az egész szervezetben zajló szisztémás betegségből fakad. A megfigyelt aszimmetria valószínűleg a különböző környezeti hatásokat, elsősorban fertőzéseket és másodlagos traumákat tükrözi.

A szövettani és radiológiai elemzés kimutatta, hogy ez a krónikus osteomyelitis felszíni formájához illeszkedő jelenség, ami gyakran terjedt át a szomszédos koponya felszínére is (S1, 64%). A rózsa deformitása (R2, 48%) és a rózsa szemcséinek (gyöngyeinek) 1 cm-nél nagyobb hiánya (R3, 53%) szintén gyakori volt, az esetek nagyjából felében jelent meg. Vizsgálatomban az R2 szignifikánsan összefüggött a látható szemág hossz különbséggel (A2, 76%), míg R3 a megrövidült szemág (A2.1, 76%) és a főszár (A3.1) hosszával. Ezeken túlmenően mind az R2, mind az R3 szignifikánsan összefüggött az összes agancstő és koponya rendellenességgel, rámutatva arra, hogy a súlyosabb rózsa rendellenességek a bőr alatti problémák indikátoraiként működhetnek. Az agancstő megrövidülése és kiszélesedése fiziológiás esemény, amely az életkorral jár. Szubjektív megítélés alapján a kóros esetek 61%-ában a normálisnál kifejezettebbnek ítéltük a rövidülést (P3), 63%-ában pedig a kiszélesedést (P4). A szabályos kör alakjától való eltérésként definiált agancstő deformitás (P2) azonban az esetek több mint felében (60%) jelentkezett, és a betegség felismerésének jól használható markereként szolgált dámnál, de öznél és gímnél nem. Szélsőséges esetekben a megmaradt agancstő centrumának oldalirányú elmozdulását figyeltük meg, amely gyakran a szemöldökívig (S6, 31%) terjedt.

Munkámban a "tüskéket" (a vadász társadalomban használt nem pontosan körülírt kifejezés) Aberráns Agancsnyúlvány (AANY) néven definiáltuk azért, hogy terminológiailag megkülönböztessük a beteg formákat az egészséges egyéves bikák, elágazás nélküli agancsától. Ha egy adott helyen nem képződött agancs csont anyagú nyúlvány, vagy csak AANY volt jelen, akkor az esetet "agancshiányosnak" (A4, 40%) minősítettük. Egy képződményt csak akkor tekintettünk agancsnak, ha a főszár hossza meghaladta a szemági nyúlványét, és legalább kezdetleges agancsrózsa látható volt. A CT-vizsgálataink kimutatták, hogy ezek a struktúrák általában tömörek és csak egy esetben mutattak üregképződést.

Azokban az esetekben, ahol az agancstövi növekedési centrumok kevésbé érintettek, kifejezettebb növekedés következhet be a fel nem használt tápanyagok és ásványi anyagok beépítésével, amelyek a más területeken lévő oszteoblasztok számának csökkenése miatt nagyobb mennyiségben válnak elérhetővé. Ezt a folyamatot Kompenzáló növekedésnek (KN) nevezttem el. A KN-t a szemág hosszának jelentős különbsége jelezheti, mivel a kevésbé érintett oldalon a normálisnál hosszabb szemág növekedés várható.

A megfigyelt koponya rendellenességek, mint az agancstő környéki koponyafelszín egyenetlenné válása (S1, 64%), a koponya szivacsos átalakulása (S2, 30%) és a koponyacsontok kortikális lemezeinek megnyílása (S6) arra utalnak, hogy ezek az atípusos felszívódási és proliferatív folyamatok nem tulajdoníthatók traumának vagy a tökéletlen gyógyulás során bekövetkezett szabálytalan összehegedésnek. A krónikus osteomyelitis másodlagos gyulladásának morfológiai bizonyítéka a sipolyképződés is, amely az esetek 16%-ában az agancstövön (P5), 10%-ában pedig a koponyán (S4) volt kimutatható. A varratok kinyílása (S3, 20%) elméletileg sérülés következménye lehetne, azonban ez önmagában nem fordulhat elő, mivel a szomszédos koponya törésével és csont elmozdulással kellene, hogy járjon. Ugyanígy, a külső kérgi lemez trauma okozta leválása az alatta lévő csonttrétegről jelentős elmozdulással kellene, hogy járjon. Ezzel szemben egy aberráns trófea CT felvételei azt mutatták, hogy a kérgi lemezek közötti rés (S5, 23%) a koponya kontúrját követi, ami arra utal, hogy ez a malformáció nem lehet sérülés következménye. Az éles törésvonalak - akár elmozdulással, akár anélkül -, valamint a kalluszképződés hiánya a legalább a részben kitört agancstövi struktúrák nélkül (pl. szabályos kör keresztmetszetű agancstő, hiányzó szegmenssel) további bizonyítékai annak, hogy ezek a rendellenességek nem származhatnak sérülésből.

5.2. Az aberráns trófeák előfordulása különböző szarvasfélékben

Az Aberráns trófeájú minták számának és a vizsgált terület fajsűrűségének arányát 3. táblázat mutatja be. A 2017 és 2021 közötti időszakban a dél-magyarországi, aberráns trófeák megjelenése jelentős növekedést mutatott a különböző szabadon élő szarvasféléknél a korábbi két évtizedhez képest. Az aberráns trófeák előfordulása a dámszarvasok (*Dama dama*) körében jelentősen magasabb volt, mint az őzek (*Capreolus capreolus*) és a gímszarvasok (*Cervus elaphus*) körében. Dám esetében tízszer több problémás trófea fordult elő, mint őznél (50 vs. 5) és mintegy 16-szor több, mint gímnél (50 vs. 3).

Az állománysűrűséggel kiigazított adatok alapján úgy tűnik, hogy a dámot még ennél is jobban érintik az eltérések: 34-szer gyakrabban, mint az őzet és 50-szer gyakrabban, mint a gímet.

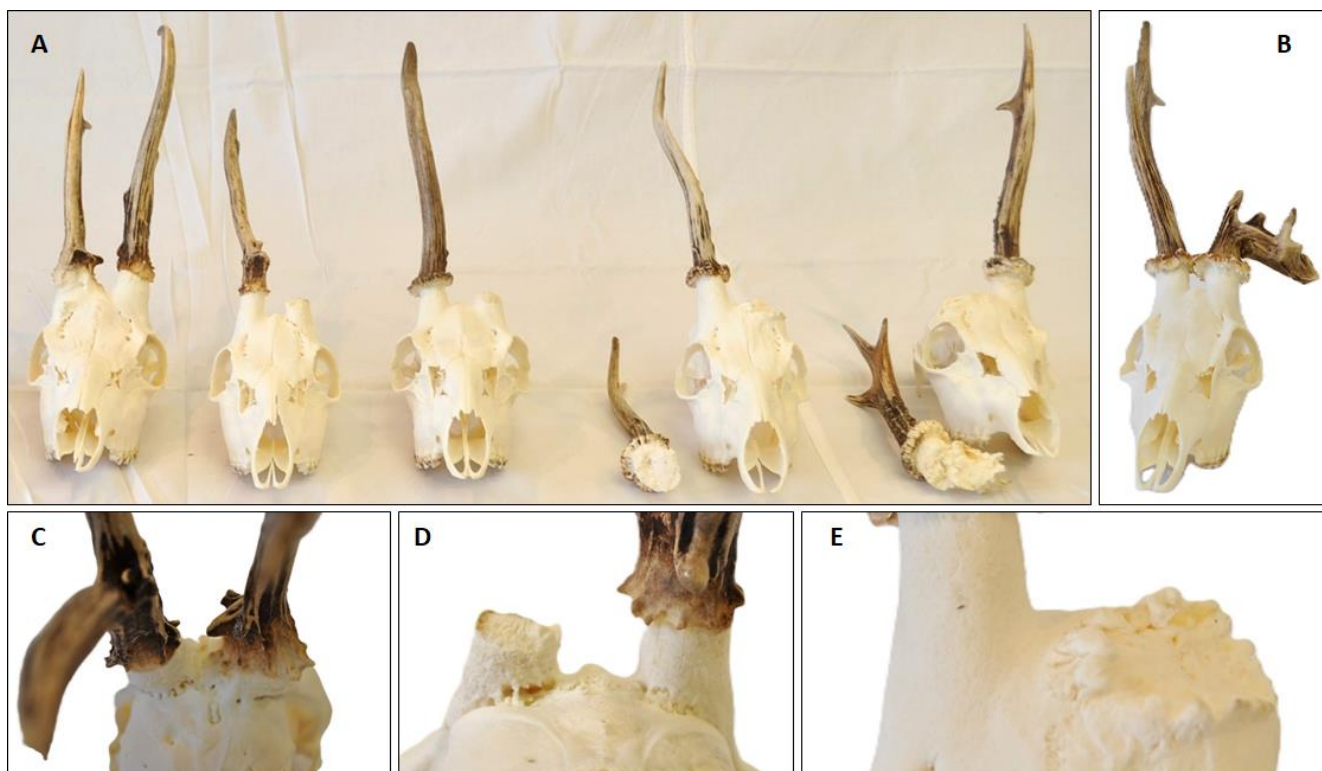
3. táblázat. Aberráns trófeájú minták számának és a vizsgált terület állománysűrűségének aránya

	Faj		
	Gímszarvas <i>Cervus elpahus</i>	Dámszarvas <i>Dama Dama</i>	Őz <i>Capreolus capreolus</i>
Rövidítés	CE	DD	CC
Bikák és bakok vizsgálata a régióban (2017-2020)	5701	1912	6424
Mintáink	3	50	5
%	0,053	2,62	0,08
Faj / DD	50	1	34

Öt őzbak *Capreolus capreolus*, (CC) trófeáján azonosítottunk Deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás jellemzőit a *Cervidae* trófeagyűjteményemben (3. ábra). Ez a relatív kevés minta arra utalhat, hogy a CC tízszer kevésbé érintett, mint a DD. Sőt a populációsűrűségi adatokkal korrigált értékek 22-szer kisebb érintettséget vetnek fel. Úgy gondolom, hogy ez a megfigyelés nem tükrözi a CC-populáció tényleges arányát, mivel a normál trófeák is nagy morfológiai variabilitással rendelkeznek, ami jelentősen gátolja az aberráns trófeák felismerését, továbbá a nyilvánvaló rendellenességeket mutató trófeákat az értékelési folyamatból is kizárják (<https://www.cicukteb.com/uk-species/index>).

Öt trófeát értékeltem mindkét oldalon, és az anomáliák gyakoriságát három kategóriába soroltam: 1. gyakori (70%-100%), 2. közepesen gyakori (40%-69%) és 3. ritka (kevesebb, mint 39%). Két esetben (CC 4 és CC5) az egyik agancs a vadászat során kitört, és a csontos szerkezet kifejezett gyengülését mutatta, ami nyilvánvaló patológiás töréshez vezetett. Ezekben az esetekben értékelni tudtuk a letört részt is és össze tudtuk hasonlítani az ellenkező oldallal. Figyelemmel az alacsony esetszámra a RAAK jellemzőket, vagyis a rózsa (R), az agancs (A), az agancstő (P) és a koponya (S) érintettségét, csoportosan tárgyaltam.

E vonatkozásában az agancs rendellenességei voltak a leggyakoribbak (52%), amit az agancstő (27%) és a koponya (23%) érintettsége követett. Érdekes módon a rózsa anomáliák (R1-R3) előfordulási aránya lényegesen alacsonyabb volt (17%), mint a DD és a CE eseteiben. Ez az agancstő deformáció (P2) hiányának tudható be, ami DD-nél a PCD fontos jellemzője, és az R2 nem független a P2-től. Ez a fajok közötti különbség az agancstővi eltérő oszteoklaszt-eloszlás következménye lehet. Míg a CC esetében e csontbontó sejtek szűken koncentrálnak a levetési síkban, ami aktivitásuk esetén egy közel egyenletes leválási síkot eredményez, addig a DD esetében jobban szétszóródva oszlanak el az agancstőben, ami egyenetlen síkot hoz létre.



3.ábra Agancstő problémás őzbakok trófeái (saját ábra; Sükösd és mtsai., 2025).

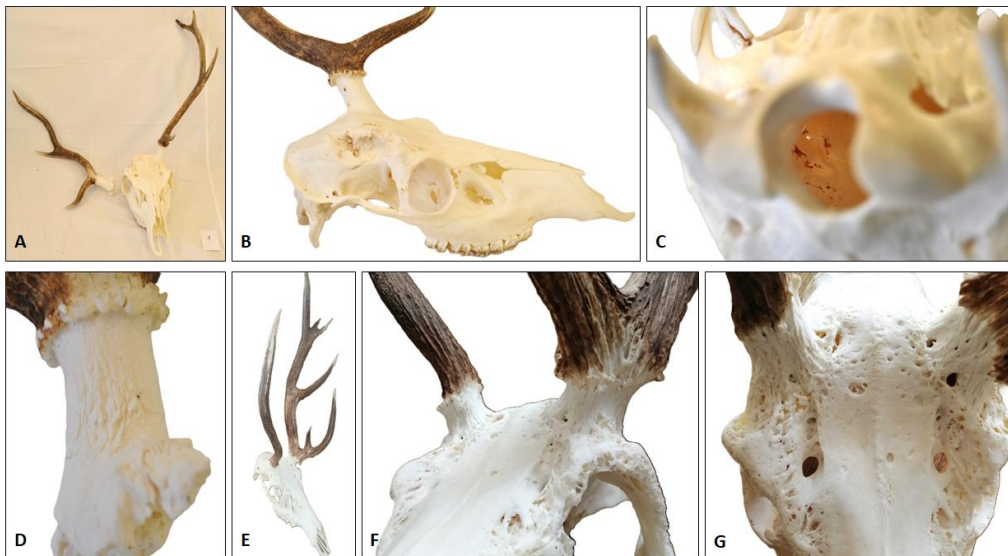
A deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás (PCD) okozta trófeás rendellenességek az őzekén (*Capreolus capreolus*, CC). A. Az öt esetet a PCD súlyossága szerint rangsoroltam. B. A barkás fázisban sérült CC-n nem látható rózsza, agancstő vagy koponya elváltozások. C. A CC1 eset hátulról nézve. Semelyik oldalon sincsenek szemágak és rózsák. D. A CC2 eset hátulról nézve. Mindkét oldalon a proximális agancstővi felszínén egyenetlenség látható, legszembetűnőbben azon az oldalon, ahol a korai kitorés történt. Ezen az oldalon az agancstő és a homlokcsont között rés (fissura) is képződött, a másik oldalon pedig a rózsza granuláció vesztése mutatkozott. E. A CC 4 eset bal oldalán a kiszélesedő agancstő alapon szélén egy csontos perem szerű gerinc alakult ki, amely az osteoblastos csontépítő tevékenységre utal. Az oszteoklasztok hatása nem lép át az agancstövön, ellentétben a dámszarvassal (*Dama dama*, DD) vagy még inkább az gímszarvasnál (*Cervus elaphus*, CE) látottakkal.

A populáció sűrűséggel kiigazított adatok a gímszarvas (*Cervus elaphus*, CE) 32-szer kisebb érintettségére utaltak, mint a dámszarvas (*Dama dama*, DD) esetében. A CE esetek alacsony száma ellenére a deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás (PCD) morfológiai kritériumai RAAK pontok jelentős átfedést mutattak e két faj között (**4.ábra**).

Ezekben az esetekben is legalább az egyik oldalon az agancstő rendellenes átalakulása, szembetűnő gyengülése volt látható. Egy hároméves szarvas esetében (CE 1) a jobb oldali agancstő vadászat közben tört ki, ezért az fellelhető volt (P6, P7). A törés az agancstő proximális harmadán történt, közvetlenül a koponya magasságában, amely a külső és belső felület szivacsos átépülését (S2) mutatta a lapos csontlemezek elmozdulása nélkül (**4.c ábra**). Ez a viszonylag jelentős csont állomány veszteség bizonyította, hogy az agancstő alapján lévő lyukak (belülről jól látható az öreglyukon keresztül, **4.b ábra**) nem alakulhattak ki trauma hatására mivel nem egy erővonal mentén helyezkednek el. A külső koponya felületen (S1) az agancstő körül található érdekesség a krónikus osteomyelitis (lásd a szöveget) egyértelmű jele, amely a PCD-re jellemző, és amely egy hosszabb ideig tartó gyulladás, nem pedig akut trauma eredménye. A CE 1 eset a PCD azon példája lehet, ahol az agancstő károsodása már a korai életszakaszban, akár a

magzati korban elkezdődött. Ekkor a MT-k már gátolhatták a porcképződést, ami aszeptikus Csontnekrózist (ACSN) és üregképződést okozott (lásd a szöveget). Ennek a patomechanizmusnak a morfológiai bizonyítékai az ép rózsa, az agancsszár viszonylag kismértékű megrövidülésével (A2), továbbá az agancstő disztális részének (P1) és a koponya felszínének (S1) érdessége, súlyos esetben akár a lapos csontok szivacsos átalakulása (S2). A kialakult üreg az agancstő proximális harmadában található (hasonlóan az egy éves DD esethez, lásd a szöveget), meggyengítve azt, ami a kóros töréshez vezetett. A másik két CE eset (CE 2 és CE 3) a nem megfelelő sebgyógyulás következményes hegképződés, és a szabálytalan csont átépüléséhez vezető PCD patomechanizmus példája lehet. Ez esetben a disztális agancstő-, rózsa- és agancsdeformációval vagy agancs veszteséssel járt együtt.

Az egyik legszembevetőbb különbség a DD és a CE között a szivacsos átépülés mértéke volt (**4.g ábra**), ami nem csak kifejezettebb volt, hanem a homlokcsontokat is érintette. Ez annak lehet a következménye, hogy az oszteoklaszt/oszteoblaszt aktivitás (ami a levetési síkban a legmarkánsabb) nem korlátozódott az agancstőre, hanem a homlokcsont környező ektodermális eredetű részét is érintette. A DD-től eltérő további jellemzők az agancstő deformációjának (P2), megrövidülésének (P3) és kiszélesedésének (P4) hiánya, ami a fajok közötti különbségekkel magyarázható. DD esetén a krónikus osteomyelitis alatt zajló csontremodelláció az oszteoklasztok és az osteoblastok közötti egyensúlya az utóbbi javára tolódik el, szemben a CE-vel, ahol az előbbi lehet hangsúlyosabb.



4.ábra A deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás (PCD) tünetei a gímszarvasokon (*Cervus elaphus*, CE). A-D: Kétéves szarvas trófea kitört jobb agancstővel, ahol a törés vadászat közben történt, ezért mindkét oldalt meg tudtam vizsgálni. Az elváltozás a PCD korai fázisára lehet példa, amikor is az aszeptikus csontnekrózis vezetett kóros töréshez. A jobb agancsszár rövidebb, kevésbé fejlett, mint a bal. **B.** A széles törési felület a homlokcsont nagy részét érintette, megközelítve az orbitális ívet is. **C.** Betekintés az öreglyukon (foramen magnumon) keresztül a jobb agancstő alapja felé. A szivacs-szerű lyukak képződése a koponyacsont felszínének elmozdulása nélkül következett be. A lyukak nem egy vonal mentén helyezkednek el, ami egyébként traumás erőbehatásra utalhatna. **D.** A kitört agancstő felszínének proximális kétharmada figyelemreméltó egyenetlenséget mutatott, deformáció vagy a rózsa granuláció vesztese nélkül. **E-G.** Az ötéves szarvasbika esete a levetési sebgyógyulás gátlásának PCD-t okozó hatására utal. **E.** A két oldal közötti különbség szembevető, a jobb oldalon csak egy aberrált

agancsszár alakult ki. **F.** A rózsza szemcsézettségének teljes elvesztése mindkét oldalon, anélkül, hogy az agancstő megrövidülne/kiszélesedne/deformálódna, bár a felszíni egyenetlensége nyilvánvaló. **G.** Az oszteoklasztok aktiválódása miatti szivacsos átalakulás a PCD jellemzője a C-E eseteiben is. Mindkét oldalon a homlokcsont nagyobb része érintett és a betegség eléri az orbitális íveket is. A dászarvással szemben nem látható csontos gerinc képződés és az agancstő kiszélesedése, ami az emelkedett oszteoblaszt-aktivitás jele lehetne.

5.3. Az aberráns trófeájú szarvasfélék egészségi állapota

Egy vadászati szezonban 58 rendellenes agancsú és 31 kontroll állattól vettem mintát, hogy felmérjük a kondíciójukat, valamint elvégezzük a toxikológiai és hormonális elemzéseket. Az állatok testi állapotát a vadászati nyilvántartások alapján dokumentáltam. A deformált agancsú állatok testi állapota jelentősen rosszabb volt. (Fisher teszt, $p < 6,51 \cdot 10^{-6}$).

Bár az elhullást befolyásolja a vadászat és a tervezett selejtezés, ezek nem függetlenek az állat egészségi állapotától. Eredményeink összhangban vannak azokkal a megállapításokkal, miszerint az agancs deformitással rendelkező állatokat gyakran a rossz egészségi állapotuk, nem pedig a trófeájuk értéke miatt selejtezik ki. A deformált agancssal rendelkező egyedek várható élettartama minden korcsoportban alacsonyabb, a normális agancssal rendelkezőkéénél. Ezért az agancs deformitást súlyos betegség jeleként kell azonosítani.

5.4. Agancstő-bőr kapcsoló struktúra (ABKS); szerkezeti és patológiai jellemzők

Beteg egyedeknél az agancstő környéki lágyrészek - beleértve a bőrt, a bőr alatti kötőszövetet és a csonthártyát is - és az alatta lévő csont között markáns, szabad szemmel is látható szétválást figyeltünk meg. Ez arra utalt, hogy az agancstő körüli szöveti szerkezet, mely a kültakaró folytonosságát hivatott ellátni, károsodott, ami hozzájárulhatott a betegség kialakulásához. A kültakarón - a szervezet első védelmi vonalán - áthaladó képletek potenciálisan kiteszik a szervezetet annak, hogy mellettük a környezetből származó kórokozók be tudjanak jutni a szervezetbe, aminek a száraz agancs mellett potenciálisan meg is van az esélye. Az agancstő körüli lágyrészeket önálló szöveti struktúraként, Agancstő-Bőr-Kapcsoló Szerkezet (ABKS) (Pedunculo-Dermal Junction) határoztuk meg. Megállapítottuk, hogy az ABKS károsodása csonthártya-csont szétválást okoz, ami lehetővé teszi külső szennyeződések, például növényi rostok felhalmozódását a keletkező résben. Ezek mentén kórokozók juthatnak be, amelyek fertőzést idéznek elő, heveny gyulladást kiváltva.

5.5. Az agancstő fertőzések és a bakteriális kórokozók jellemzői

Az agancstő és a környező lágyrészek mikroszkópos elemzése akut gyulladást mutatott ki. A mélyebb szövetekben krónikus gyulladásos sejtekre és hegszövetre bukkantunk. Ez a gyulladás az erek és idegek körül volt a legjellemzőbb, és a hegszövetbe beágyazódva az agancstő

felszínéről levált csontdarabkákat is találtunk. A *Trueperella pyogenes*-t elsődleges kórokozónak tekintik, amely az agancstő környéki lágyrészek gyulladásáért felelős. Egy magyar esettanulmány azonban a *Staphylococcus xylosus*-t tekintette potenciális kórokozónak. A *T. pyogenes*-t más mikrobák együtt a koponyaüri gennyes meningoencephalitisben is kimutatták alátámasztva annak központi szerepét. Ezekkel az eredményekkel részben összhangban volt a 42 esetet vizsgáló, konvencionális tenyésztési eljárással végzett vizsgálatunk, ami a *T. pyogenes*-t 24 (57%) esetben azonosította gyakran más mikrobákkal együtt. Megjegyzendő, hogy a többi esetben viszont nem találtuk meg ezt a kórokozót.

6 mintán végzett NGS elemzésünk, amely informatív a baktériumok számára vonatkozóan is, azonban új megvilágításba helyezte az agancstő gyulladás mikrobiális hátterét. Bár a *T. pyogenes* mind a hat vizsgált mintában kimutatható volt, a többi kórokozóhoz viszonyított relatív gyakorisága azonban feltűnően alacsonynak mutatkozott. Csak egy esetben érte el az 5,2%-ot, a többiben 0,1% és 1,5% között volt jelen. Ez azonban inkább arra utal, hogy másodlagosan, semmint mint domináns kórokozóként van csak jelen. Jellemzően az állatok bőrén és nyálkahártya-felületein található, invazív potenciállal, ami kisebb bőrsérüléseket követően bejuthat a gazdaszervezetben és elszaporodhat a nekrotikus szövetekben. Ezzel szemben, hat esetből ötben, a *Fusobacterium* fajt azonosítottuk domináns baktériumként, amely a mikroba populáció 39% és 78% közötti gyakoriságával volt jelen, míg a hatodik esetben a harmadik leggyakoribb fajta volt 19%-kal. A *Fusobacterium* fajok, obligát anaerob komenzalisták, gyakran szerepet játszanak a tályogok és csontvelőgyulladás kialakulásában. Feltételezhető, hogy a klasszikus tenyésztés táptalaja szelektív előnyt biztosíthat a *T. pyogenes* számára, ami viszont az NGS esetében nem áll fenn. Mind a *T. pyogenes*, mind a *Fusobacterium* sp. tályogképző hatásának megvalósulásához a kültakaró sérülése szükséges. Ezt a párházi küzdelemre vezetik vissza, ami magyarázná a nemek közötti jelentős előfordulás gyakoriság különbséget is, azonban nem valószínű, hogy ezek a sérülések csak az agancstővek közvetlen környezetét érintenék. Vizsgálati mintáink között nem találtunk olyan esetet, amikor a koponyán az egészséges agancstőtől függetlenül tályogok vagy csontos elváltozások jöttek volna létre, amelyek a fejsérülés okozta inokulációs hatásra utalnának. Az elváltozások centrumában mindig az agancstő állt. Véleményem szerint a gátolt levetési sebgyógyulás nyitja meg az utat a másodlagos fertőzést okozó gennykeltők előtt.

5.6. Mikotoxikózis, hormonális rendellenességek és kapcsolatuk a csontképződéssel

A mikotoxinok agancsfejlődésre és regenerációjára gyakorolt hatásának vizsgálatáról szóló állat- vagy sejtenyészti kutatások hiányában a csontfejlődés, a sejtregeneráció és az immunműködés más fajokból származó kutatásait használhattuk csak fel összehasonlításra. Az agancs rendellenességek és a mikotoxinok (MT-k) expozíciója közötti lehetséges kapcsolat vizsgálatára a legfontosabb MT-k, az aflatoxinok (AF), a zearalenon (ZEA), a dezoxinivalenol (DON) és a fumonizin B1 (FB1) koncentrációját mértük. Ezeket PCD-s dámszarvasok és egészséges kontroll állatok szérumában, májában és izomszöveteiben hajtottuk végre. Vizsgálataink kimutatták, hogy az agancstő-betegségben szenvedő szarvasbikáknál a mikotoxinok és a hormonszintek közötti összefüggés van.

Elemzésünk szignifikánsan emelkedett AF-koncentrációt mutatott ki a szérumban ($p=0,011$) és a májszövetben ($p=0,048$), de az izomszövetben ($p=0,264$) nem volt jelentős emelkedés ($p=0,264$). Ez összhangban van az AF hatásmechanizmusával, ami a csontanyagcsere megzavarásában, különösen a fehérjeszintézis gátlásában és a csontsejtek működésének károsításában nyilvánul meg. Mindezek arra utalhatnak, hogy az AFB1 megzavarhatja az agancsképződést azáltal, hogy csökkenti az agancsképző őssejtek (ASC) életképességét és differenciálódási potenciálját.

Méréseink szignifikánsan emelkedett ZEA szintet igazoltak, mind a szérumban ($p<0,0001$), mind a májszövetben ($p=0,00025$). Ez utóbbi a ZEA kiválasztásáért felelős szerv (Ropejko és Twaruzek, 2021). A ZEA, erős hatású, viszonylag alacsony toxicitású mikoösztrogén, azonban a patkányokon végzett in utero vizsgálatok alapján késlelteti a csontváz csontosodását.

A hormonális vizsgálataink jelentős eltéréseket tártak fel a beteg szarvasok szérumában. Az egyik legfontosabb eredményünk a tesztoszteronszint szignifikáns csökkenésének ($p<0,0001$) és az ösztrogénszint emelkedésének ($p<0,0001$) kimutatása volt, összefüggésben az agancs anomáliákat mutató esetekkel. A progeszteronszintek nem mutattak szignifikáns változást.

Az érintett állatokban a szérum DON-szintjét a normálisnál körülbelül háromszor magasabbnak mértük ($p=0,021$), továbbá a májszövet DON-szintje is jelentősen emelkedett ($p=0,00021$). A DON közismerten megbontja a csontképződés és -lebontás közötti kényes egyensúlyt, mivel gátolja az oszteoblasztok aktivitását, miközben stimulálja az oszteoklasztokét. Ez a kettős hatás a csontszerkezet gyengüléséhez, csonttörésekhez vezet. A DON immunmoduláló hatást is kifejt, amely dózis- és expozíciófüggő. Ugyanakkor az Fb1 nem mutatott szignifikáns növekedést sem a szérumban ($p=0,48$), sem a májszövetben ($p=0,49$).

A megfigyelt hormonális változások hátterében álló mechanizmusokra az alábbi hipotézist állítottuk fel, a tesztoszteronszint csökkenését a mikoösztrogén ZEA megnövekedett koncentrációjával hoztuk összefüggésbe. Az endogén ösztrogénszint emelkedését a hypothalamo-hipofízis-gonád tengely kompenzációs működésének tulajdonítható. A megnövekedett mikoösztrogén ZEA és az endogén ösztrogén együttes, szinergikus hatása hozzájárulhat az androgénfüggő agancsfejlődés csökkenéséhez.

A szabálytalan levetési sík, amely az elégtelen tesztoszteron csúcs, igen kifejezetten jelenik meg a vizsgált agancs anomáliák közt bizonyítékkal szolgálva a MT hatás és az agancstő csontfejlődési rendellenességei közötti kapcsolatra. Ez a fitoösztrogén hatás magyarázatul szolgálhat a szarvas állományban általunk szintén tapasztalt szaporodásbiológiai problémákra is.

Feltételeztük, hogy a mikotoxinok csontképződésre gyakorolt közvetlen citotoxikus hatásának morfológiai bizonyítéka lehet az egy éves bikák agancstövében megfigyelt üregképződés is. Ebben a fejlődési szakaszban az agancs levetés még nem történt, így a kültakaró sem szakadt még meg. A MT-k a dámszarvas anyai keringéséből a méhlepényen keresztül a magzati keringésbe juthatnak, és az anyatejben is kimutathatók.

Feltételeztük, hogy ezek a mikotoxinok nemcsak az agancsok periostealis növekedési központjait gátolják, hanem az agancstő enchondralis csontosodási folyamatát is negatívan befolyásolják, ami granulációs szövettel részben kitöltött üreg képződéséhez vezet, vagyis aszeptikus csontnekrózisra (ACSN) utaló elváltozás jön létre. Az egy éves bikák trófeáinak agancstövi

mikroszkópos vizsgálata, korlátai ellenére (minimális szövet maradványokat tartalmazó kiszáradt minták, a klasszikus formalin fixálás hiánya) a nekrosis bizonyítékait és a regeneratív granulációs szövet jelenléte sikerült igazolni.

Bár az esetek háromnegyedében csak egyoldalú megjelenés volt látható, ami inkább a fiziológiás aszimmetriának, semmint környezeti hatásoknak tulajdonítható. A gímszarvas trófea-sorozatunk egyik esete ugyanerre a patomechanizmusra vezethető vissza: a hároméves szarvasnak a jobb agancstő proximális része tört le, míg a disztális rész és az agancs lényegében érintetlen maradt. Mindez egy már meglévő üreget feltételez.

Tekintettel ezen MT-ok kondro- és oszteogenezisre gyakorolt közvetlen negatív hatásaira, antlerotoxikusnak is tekinthetők, ami új dimenziót ad a jól ismert toxicitás profiljukhoz, amely magában foglalja a hepato-, nefro-, neurotoxikus stb. hatásokat. Az agancstő kóros fejlődése a kültakaró elégtelen záródásával együtt olyan környezetet teremt, amely elősegíti a bakteriális felülfertőződést, a koponyaúri gyulladást, az agancstő és a koponya kóros töréseit. Az események ezen láncolata végül súlyos egészségügyi következményekhez vezethet, beleértve az állat pusztulását is.

5.7. A deformitást okozó krónikus agancstő gyulladás (PCD) mint a sebgyógyulási zavarok következménye

Az agancs levetést követően nyílt csonttörésnek megfelelő seb jön létre. Egészséges állatoknál ez a gyógyulás után legfeljebb egy kis központi heget hagy és barkás bőrrel záródik. Az akut sebgyógyulás a véralvadáson, gyulladásos jellegű folyamatokon, és sejtprolifерáción valamint a szöveti átalakuláson keresztül zajlik. A sebgyógyulás összetett sérülékeny folyamat, amely megakadhat és krónikus, nem gyógyuló sebek kialakulásához vezethet. Az ilyen esetekben gyakori kiváltó tényezők közé tartozik a fertőzés, az idült gyulladás, az immunszuppresszió továbbá a keringési zavarok, amelyek gyakran együttesen akadályozzák a gyógyulást. Bár az agancssebek gyógyulását kiterjedten vizsgálták, a kutatások még nem összpontosítottak a gyulladásos sejtekre, mint az immunaktivitás mikroszkóposan is követhető jelére, illetve a kóros gyógyulással összefüggő morfológiai jellemzőkre sem. Nem steril környezetben a sebek mikrobiális felülfertőződése elkerülhetetlen. Ez veszélyt jelent a csontosodási zónára, mivel a baktériumok a véráramban terjedhetnek, potenciálisan csontvelőgyulladást okozhatnak. Ha azonban az immunrendszer aktivitása megfelelő és a sebzárás időben meg is történik, a gyulladás minimális és önkorlátozó, ami a krónikus gyulladással és fertőzéssel szembeni természetes ellenállást tükrözi. Ha a szövetek regenerációja károsodik és immunszuppresszió áll fel – esetünkben a multimikotoxikózis miatt – sebgyógyulási zavar lép fel. Ezek a körülmények a fiziológiás szintet meghaladó gyulladásos választ válthatnak ki, ami másodlagos vagy késleltetett sebgyógyulást eredményez, ami jellemzően túlzott fibrózissal, hegképződéssel jár. Ez a szabálytalan hegesedés megzavarja a hám és a regeneráló növekedési centrumok közötti kritikus jelátviteli útvonalakat. A kóros agancstövek és az aberráns agancsszáruk (AASZ) morfológiai vizsgálata azt mutatta, hogy ezek a struktúrák a szabálytalan hegszövetben elszórtan megmaradt osteoblasztokból és osteo-kondroid oszlopocskákból származnak. Ebben az állapotban az agancstő csontthártyájában appozíciós intramembranozus csontosodás zajlik, amit a hegesedés

egyenetlenül kiszélesít akár a szemöldökív peremétét is megközelítve. Ez a rendellenes növekedési folyamat az agancstő fiziológiásnál nagyobb mértékű rövidülését és kifejezett csontvesztést eredményez, ami végül "tar" állapotához vezet. Az általunk leírt elváltozások etiológiája, patomechanizmusa és morfológiája nem illeszkedik egyetlen elfogadott betegség osztályba sem, de hasonlóságot mutat a Garré-féle szklerotizáló krónikus, nem szuppuratív (vagyis nem gennyesedéssel járó) oszteomyelitisszel.

A PCD tehát az agancstővi csontszövetet érintő krónikus gyulladásként definiálható, amelyet a levetési seb záródási vagy az agancstő enchondralis csontosodási zavara okoz. A következményes hegesedés az agancstő és az agancs regenerációjának zavarát szerkezeti gyengülését okozza, ami megteremti a kóros törés, a felülfertőződés és a halálos kimenetelű koponyaűri gyulladás kialakulásának lehetőségét. A RAAK jellemzőivel leírt PCD a trófeákon és az elejtett állatokon is megfigyelhető (Sükösd és mtsai., 2025).

5.8. A dámszarvas tehenek és magzataik mikotoxin vizsgálati eredményei

Mivel semmit sem tudunk a szabadon élő állatok mikotoxin-expozíciójáról, az első lépés a mikotoxinok jelenlétének bizonyítása volt a szarvasfélékben és magzataikban. Későbbiekben ez a tény segítségünkre lett az első agancsú dambikák agancstő kitörésének magyarázatához.

Az AF a tehenek 70%-ában, a ZEA 41%-ban, a DON 90%-ban, a T2/HT2-toxin 96%-ában és az FB1 84%-ában volt jelen. A mikotoxin-koncentrációk nagy egyéni variabilitást mutattak a tehenek májban. A minimális koncentráció "0" volt minden mikotoxin esetében. A ZEA esetében a tehén májminták több mint fele, AF-t tekintve közel egyharmada nem tartalmazta az adott toxint. Egyes esetekben a maximális koncentráció kiugró volt.

Az AF a magzatok 82%-ában, a ZEA 96%-ban, a DON 98%-ban, a T2-toxin 85%-ában és az FB1 3%-ában volt jelen. Az egyéni különbségek a magzatok között is jelentősek voltak. Mindig találtunk "0" koncentrációjú egyedeket, de a "0" aránya mérsékeltebb volt a ZEA, AF és DON esetében, míg a T2-toxin és különösen az FB1 esetében magasabb volt, mint a teheneknél.

A három mikotoxin (AF, DON és T2-toxin) koncentrációja hasonló nagyságrendben volt a tehenekben és a magzatokban, de a ZEA maximális értékét a magzatban, az FB1-ét pedig a tehenekben mutattuk ki, ami arra utal, hogy az FB1 nem (vagy nagyon kismértékben) jut át a placentán.

A mikotoxin koncentrációkat összehasonlítva ritkán találtunk szignifikáns különbséget a mintavételi helyek között. Az adatok az anyai és magzati májban a mikotoxin-koncentrációk nagy egyéni variabilitását mutatták az egyes vizsgálati területeken belül is. A nagy egyéni változékonyság elhomályosította a térbeli különbségeket. Ez tükrözi a vadgazdálkodási egységek élőhelyeinek sokféleségét, az egyedek élőhelyhasználatának változékonyságát, valamint a mikotoxin-források hozzáférhetőségének térbeli és időbeli változásait minden mintavételi területen.

A hét mintavételi terület közül hatban a ZEA szint szignifikánsan magasabb volt a magzatokban, mint a tehenekben (Mann–Whitney U teszt). Az AF koncentrációk hasonlóak voltak, az egyetlen

különbség a VGE4 területen volt megfigyelhető. Ellentétes kapcsolatot találtunk a DON és a T2-toxin között. Egy mintavételi területen a DON szint magasabb volt a teheneknél, mint a magzatoknál. Néhány esetben a T2-toxin koncentrációjában is szignifikáns különbség volt; a magzatok toxinszintje magasabb volt a két területen.

A magzatok három korcsoportja közötti mikotoxinszint-különbséget Kruskal–Wallis teszttel vizsgáltuk. Bár a mikotoxin-koncentráció enyhe emelkedését gyanítottuk a magzatok életkora miatt a ZEA, AF és DON esetében, a különbségek statisztikailag nem voltak szignifikánsak, kivéve a DON-t, ahol a harmadik, legfejlettebb osztály toxinszintje szignifikánsan magasabb volt, mint a legfiatalabb csoport esetében ($H(2, N = 60) = 6,100, p = 0,047$; post hoc: $z = 2,445, p = 0,044$).

Az anya-magzat adatpárokat három csoportra osztottuk a tehén és a magzati mikotoxinszintek közötti kapcsolat elemzésére: (1) az adott mikotoxin koncentrációja "0" volt a tehénben, de a magzati májban kimutatható; (2) az adott mikotoxin jelen volt a tehén májban, de a magzattól hiányzott; és (3) mind a tehén (anya), mind a magzat tartalmazta az adott mikotoxint. Összesen 27 anya-magzat adatpárt soroltunk be az 1. csoportba a ZEA, 11-et az AF, 6-ot a DON, 8-at a T2-toxin és egyet sem az FB1 esetében, így ezt a csoportot kizártuk az előzetes korrelációs vizsgálatokból. A korrelációs elemzés a 2. és 3. csoport adataira terjedt ki. A GAM modellezést figyelembe véve a simított (nemlineáris) modellek illesztése minden mikotoxin esetében jobb volt, mint a parametrikus (lineáris) kifejezés. A fő hatásmodellekben a tehén és a magzat közötti előrejelzett nemlineáris kapcsolat szignifikáns volt a ZEA (ZEAmagzat(ZEAtehén): $\text{edf} = 4,868, F = 7,740, p = 0,006$) és AF (AFmagzat(AFtehén): $\text{edf} = 5,699, F = 2,671, p \text{ esetében} = 0,043$). A T2-toxin koncentráció esetében a T2-toxin $\times$ FB1 kölcsönhatási modellt támogatták a legjobb jelölt modellként. Bár a nemlineáris kölcsönhatás szignifikáns volt (T2-toxin $\times$ FB1: $\text{edf} = 2,603, F = 4,024, p = 0,018$), a modell nem bizonyította, hogy a különböző FB1 koncentrációk szignifikánsan befolyásolták volna a T2-toxin koncentráció pozitív hatását a tehenekben.

Az anya-magzat adatpárok 1. csoportjában a tehenek mentesek voltak a mikotoxinoktól, de a magzat tartalmazta őket. Feltételeztük, hogy az adott toxin korábbi bevitele a tehén májból kiürült, de a magzatban még kimutatható volt. Mivel nem tudtuk a korábbi mikotoxin bevitel mennyiségét, ezt a csoportot figyelmen kívül kellett hagynunk a statisztikai elemzés során, de ezek az adatok a magzatban lévő különböző toxinok lassú lebontását, a toxinok felhalmozódását tükrözik. A 2. csoportban az adott mikotoxin jelen volt a tehén májban, de hiányzott a magzattól. Feltételeztük, hogy az anya közelmúltbeli mikotoxin-bevitele még nem hatolt be a magzatba. Ez tükrözheti a méhlepény lehetséges szűrési kapacitását, vagy azt, hogy a magzatba való beszívargás hosszabb időt igényel. Ha mind az anyai, mind a magzati máj tartalmazta a mikotoxint (3. csoport), összefüggést feltételeztünk közöttük, de ezt csak a ZEA és az AF esetében tudtuk bizonyítani.

A MT-k ismert szaporodást megzavaró és magzatkárosító hatásai miatt az 1. és a 2. csoportban feltehető káros hatás bekövetkezése a vemhesség későbbi szakaszaiban. Ennek vizsgálata a jövő feladata.

5.9. Az agancsok, mint biomarkerek

A minden évben megújuló agancsok egyedülálló lehetőséget nyújtanak mind a szerves, mind a szervetlen anyagok felhalmozódásának értékelésére, így jól használható biomarkerek a környezeti monitorozásban, különösen a nagy egyedsűrűségű szarvasbika-populációkkal rendelkező régiókban. Az agancstővi őssejtek gyors évenkénti osztódása munkánk alapján igen érzékeny lehet a mikotoxinokra, így az agancsok a környezeti mikotoxin-expozíció indikátoraiként szolgálhatnak. Az agancsok rendellenes növekedési mintázatának vizsgálata könnyen hozzáférhető módszert jelenthet a regionális mikotoxinterhelés értékelésére, amely tükrözi a környezeti feltételeket és a potenciális expozíciós kockázatokat is.

Az elmúlt két évtizedben Magyarországon jelentősen csökkent az ipari szennyezőanyag-kibocsátás, különösen a déli régiókban. Tekintettel erre a csökkenésre, valószínűtlennek tartjuk, hogy az ólom- vagy fluorid terhelés közvetlen kapcsolatban állna a megfigyelt agancs anomáliákkal. Vagyis más környezeti tényezők jelentősebb szerepet játszhatnak az anomáliák kialakulásában.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A rózsza, az agancs és az agancstő, valamint a koponya 22 változójának vizsgálata alapján egy új betegséget, a deformitást okozó krónikus agancstő gyulladást, latin néven Pedunculitis Chronica Deformans (PCD) írtuk le. A rendelkezésre álló trófea regiszter adatok és a saját minta gyűjtéseimből létrehozott adatbázis statisztikai elemzése alapján olyan morfológiai jellemzőket azonosítottunk, amelyek lehetővé teszik az állatorvosok, vadbiológusok és vadgazdálkodók számára, hogy egyértelműen felismerjék a betegségben érintett állatokat. A 22 vizsgált változót egységes pontozási rendszerbe foglalva kidolgoztuk a RAAK minősítési rendszert, amely a trófea bírálatokon az adatfelvételeket kiegészítve alkalmas a PCD felismerésére és a betegség fejlődési szakaszainak elkülönítésére is. Javasolom a RAAK pontozás alkalmazását a hivatalos trófea bírálati folyamatokban és a trófea bírálati adatokat ezekkel a változókkal kibővíteni. A felhasználás támogatására célszerű lenne a trófea bírálók számára egy részletes útmutatót elkészíteni. Ez megnyitja az utat a pontos epidemiológiai adatok gyűjtése és az érintett egyedek homogén csoportjainak kialakítása előtt, ami viszont megkönnyíti a kiváltó okok feltárását, és végső soron hozzájárulhat a lehetséges kezelési stratégiák kidolgozásához.

Munkám során vizsgáltuk a PCD anatómiai és fiziológiai hátterét. Eredményeinkben részletesen jellemztük az agancstő bőr-kötőszövet-csont kapcsolatait (Peduncular-Dermal Junction, PDJ) mint különálló anatómiai struktúrát, hangsúlyozva jelentőségét, mint a betegség kialakulásának és fejlődésének kulcstényezőjét. Kimutattuk az itt megjelenő esetenként aszeptikus gyulladásos folyamatokat. Eredményeink szerint a PCD kialakulásának első lépése a PDJ megszakadása. Kimutattuk, hogy a betegség előrehaladása során üregek keletkezhetnek magában az agancsban és a gyulladás a koponya ür felé terjedve agyüregi tályogokat is okozhat. Néhány PCD gyanús őz és gímszarvas minta RAAK pontozásának alkalmazásával ezekben a fajokban is megtaláltuk az arra jellemző tüneteket. Feltételezzük tehát, hogy PCD nemcsak a dámszarvason de a gímen és az őzön is előfordul. További vizsgálatokra van szükség annak tisztázására, hogy e fajokban miért jelenik meg ritkábban és kevésbé látványosan a PCD.

A tanulmány átfogóbb megértést nyújt ezekről a deformitásokról, és megalapozza a jövőbeni diagnózis és kezeléislehetőségét. Eredményeink elsősorban az állategészségügyi és vadegészségügyi szakembereknek nyújtanak részletes információkat a PCD felismerésében. Ugyanakkor, mivel hasonló struktúra a fog és a fogágy szöveti kapcsolatában is megtalálható az eredmények még a fogorvosi gyakorlat számára is hasznosak lehetnek.

Korábban az „agancstő rothadást” mikrobiális fertőzésekre vezették vissza. A saját, gyulladt agancstövű egyedeken elvégzett részletes mikrobiológiai vizsgálataink azok elsődleges kóroki szerepét nem igazolták vissza azok, mint másodlagos felülferőző komponensek voltak csak figyelembe vehetők. Bár a mintákban számos baktérium, közöttük gennykeltők is kimutathatók voltak, de nagy volt az egyedek közti eltérés. Mindebből arra következtethetünk, hogy a gyulladáskeltő baktériumoknak így módon van szerepe a betegség kialakulásában, de csak a PCD előrehaladottabb állapotában a bőr-csont kapcsolat megszakadása után jelennek meg. Feltételezzük, hogy a betegség kialakulása mögött az agancs elvetés után kialakuló hegyszövet rendellenességei is állhatnak. Ugyanakkor tekintetbe véve, hogy kimutattuk PCD kezdeti tüneteinek megjelenését már az első agancsú dámbikánál is, feltételezhető, hogy a betegség kialakulása ennél összetettebb okokra vezethető vissza. Mivel irodalmi adatokból ismert volt a

mikotoxinok számos olyan hatása, amely ennek a problémának a kialakulásához vezethet a különböző mikotoxinok kapcsolatát kezdtük vizsgálni a PCD-vel összefüggésben.

A másodlagos nemi jellegek kialakításában, így az agancs kialakulásában, felrakásában és az elvetésében van szerepe a tesztoszteronnak. Ismert, hogy az egyik mikotoxin, a ZEA megzavarja a nemi hormonok termelését, így hatása lehet az agancsépítésre. Vizsgálataink igazolták a magasabb ZEA és csökkent tesztoszteron szinteket a PCD-t mutató egyedeknél. Két másik mikotoxin az AFB1 és a DON emelkedett koncentrációját is kimutattuk a PCD-s egyedekben. Mindkét toxinak van csontnövekedést és csontregenerálódást gátló hatása, ezért alappal feltételezzük, hogy a mikotoxinok jelentős hatása lehet az agancsfejlődési rendellenességek kialakulásában. Számos tanulmány bizonyítja, hogy a globális klímaváltozás elsősorban a hőség és az aszály következtében megnő a penészek mikotoxin termelése, sőt új mikotoxinok és megjelennek. Ez lehet a magyarázata annak, miért nőtt meg az agancs rendellenességek előfordulási gyakorisága az elmúlt évtizedekben. További vizsgálandó kérdés, hogy a mikotoxinok mikor és hogyan kerülnek be az egyedek szervezetébe? Ennek felderítésére részletesen tanulmányozni kell a különböző szarvasfélék táplálékösszetételét és a felvett táplálék mikotoxin szennyezettségét. A gyakorlatból gyűjtött első tapasztalataim szerint a szennyezett vadtakarmányok lehetnek az elsődleges mikotoxin források. Ezt bizonyítja, hogy egyes területeken a javaslatomra elhagyott kukorica etetést követően javultak a szaporodási mutatók. További részletes vizsgálatokra és a vadtakarmányozás szerepének újraértékelésére van szükség.

A már a fiatal korban megjelenő PCD tünetek miatt feltételeztük, hogy a mikotoxinok akár a magzati élet során az anyai szervezet közvetítésével is bekerülhetnek az utódba, Ezért vizsgáltuk a vemhes dákmenek és a magzataik mikotoxin szintjét. Eredményeink alapján megállapítható, hogy a ZEA, az AFB1, a DON, a T-2/HT-2-toxin és az FB1 a vemhes dámszarvas tehenekek többségében jelen van az őszi-téli időszakban még a legjobban kezelt populációkban is. A vadgazdálkodási egységek közötti nagy egyéni variabilitás és az alacsonyabb különbség a mikotoxinforrásokhoz való térben és időben való nagyon változó hozzáférést tükrözi. A mikotoxinforrások típusa, térbeli eloszlása és időbeli változása fontos információ a kockázatsökkentés szempontjából. A kutatás térbeli léptékét a faj mozgásához és élőhelyhasználatához kell igazítani. Mivel ezek a mikotoxinforrások nemcsak a dámszarvasok, hanem más vadon élő állatpopulációk számára is hozzáférhetők, a mikotoxinok negatív hatása ökoszisztéma szinten általánosabb lehet. Bizonyítottuk, hogy a vizsgált mikotoxinok, az FB1 kivételével, átjutnak a placentán és megtalálhatók a magzat szervezetében is. A magzatokban a szignifikánsan magasabb mikotoxin koncentrációk, különösen akkor, ha az adott toxint a tehenekekben nem tudtuk kimutatni, a mikotoxinok magzatban való esetleges felhalmozódását jelzik. A mikotoxin-koncentráció a magzatok életkorával növekvő tendenciát mutatott – minden esetben enyhe emelkedés volt tapasztalható, de csak a DON volt statisztikailag szignifikáns. Ez felhívta a figyelmet a terhesség alatti mikotoxin-bevitel veszélyére. A magas mikotoxin-koncentráció és a különböző mikotoxinok egyidejű jelenléte, még alacsony koncentrációban is (a multimikotoxin hatás) negatívan befolyásolhatja a magzati fejlődést és az újszülöttkori mortalitást. További vizsgálatokra van szükség annak meghatározására, hogy milyen szaporodási és magzatfejlődési problémák kapcsolódhatnak a mikotoxinokhoz, de a magzatba bejutó mindegyik mikotoxinnak ismert a csontfejlődést megzavaró, gátló hatása ezért joggal feltételezzük, hogy okozhatnak rendellenességeket már az agancskezdemény embrionális fejlődésében.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A kutatásom során létrehozott adatbázis elemzésével sikerült pontosan azonosítani és leírni a deformitást okozó krónikus agancstő gyulladást (*Pedunculitis Chronica Deformans*, PCD), megteremtve ezzel a további kutatások alapját.
2. Az általam kidolgozott RAAK pontozási rendszer lehetővé teszi a megbetegedés különböző stádiumainak és súlyosságának egységes értékelését és dokumentálását a vadgazdálkodási gyakorlatban és a trófebírálatok során.
3. A kutatás során elsőként sikerült kimutatni a PCD jelenlétét a dámszarvas, gímszarvas és őz állományokban.
4. Részletesen leírtam a PCD csonttani, szövettani anatómiai jellemzőit. A leírás alapul szolgálhat a PCD különböző fejlődési szakaszokban való dignosztizálásához az állatorvosi gyakorlatban.
5. Kimutattam, hogy a PCD kialakulása az agancstő bőr-kötőszövet-csont kapcsolatait (Peduncular-Dermal Junction, PDJ) megbomlásával kezdődik.
6. Kimutattam továbbá azt is, hogy a PCD előrehaladott, gyennyes állapotában számos gyulladást okozó mikroba megjelenhet szövetekben, de nem lehetett igazolni egyetlen baktériumfaj kizárólagos hatását. Bizonyítékot találtam a PCD kezdeti tüneteinek mikroba fertőzés nélküli megjelenésére.
7. A vizsgálataim alátámasztották, a mikotoxinok potenciális szerepét az agancstő megbetegedés etiológiájában. Kimutattam, hogy az PCD-s egyedek tesztoszteronszintje alacsonyabb, míg aflatoxin B1, zearalenon és dezoxinivalenol szintje magasabb, mint az egészségeseké. Irodalmi adatok alapján magyaráztam a lehetséges hatásmechanizmust is.
8. Kimutattam, hogy a vizsgált mikotoxinok mindegyike megjelenhet a dámszarvasok májában, valamint, hogy egy egyedben egyszerre több mikotoxin is jelen lehet. Az eredményeim rávilágítanak a mikotoxinok előfordulásának nagy tér- és időbeli, valamint egyedi varianciájára.
9. A kutatásom elsőként bizonyította, hogy az AFB1, a ZEA, a DON és a T2-toxin átjut a vemhes dámtehenek placentáján és felhalmozódhat a magzatban, így magzatkárosodásokat is okozhatnak.

8. SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

A disszertáció témájához kötődő tudományos publikációk

Folyóirat cikkek

1. Szőke, Zsuzsanna ; Babarczi, Bianka ; Mézes, Miklós ; Lakatos, István ; Poór, Miklós ; Fliszár-Nyúl, Eszter ; Oldal, Miklós ; Czéh, Árpád ; Bodó, Kornélia ; Nagyéri, György ; Ferenczi Szilamér.
Analysis and Comparison of Rapid Methods for the Determination of Ochratoxin A Levels in Organs and Body Fluids Obtained from Exposed Mice
TOXINS 14 : 9 Paper: 634 , 18 p. (2022)
2. Lakatos, István ; Babarczi, Bianka ; Molnár, Zsófia ; Tóth, Arnold ; Skoda, Gabriella ; Horváth, Győző F. ; Horváth, Adrienn ; Tóth, Dániel ; Sükösd, Farkas ; Szemethy, László** ✉ Szőke, Zsuzsanna.
First Results on the Presence of Mycotoxins in the Liver of Pregnant Fallow Deer (Dama dama) Hinds and Fetuses
ANIMALS 14 : 7 Paper: 1039 , 15 p. (2024)
3. Farkas Sükösd *, István Lakatos*, Ádám Ürmös, Réka Karkas, Ákos Sükösd, Gábor Palánki, Attila Arany Tóth, Károly Erdélyi, Mihály Misó, Péter Gőbölös, Katalin Posta, Ferenc Kovács, Szilamér Ferenczi, Győző Horváth, László Szemethy, Zsuzsanna Szőke
When Antlers Grow Abnormally: A Hidden Disease Behind Common Cervid Trophy Deformities, Introducing Pedunculitis Chronica Deformans
ANIMALS – (2025)
megosztott első szerző
4. Lakatos István, Malik Péter, Bodó Kornélia, Szőke Zsuzsanna, Sükösd Farkas, Lanszki Zsófia, Szemethy László, Kurucz Kornélia, Bányai Krisztián, Kemenesi Gábor, Zana Brigitta
Cervids as a Promising Pillar of an Integrated Surveillance System for Emerging Infectious Diseases in Hungary: A Pilot Study
ANIMALS 15 : 13 Paper: 1948 , 10 p. (2025)

Egyéb szakmai publikáció

1. Dr. Szemethy, László ; Antal, Adrián ; Lakatos, István ; Maurer, Máté ; Dr. Ujhegyi, Nikolett ; Dr. Ferenczyné, Szőke Zsuzsanna
AZ ŐZÁLLOMÁNY CSÖKKENÉSÉNEK LEHETSÉGES OKAI
In: Dr. Jámbor, László (szerk.) Vadászkönyv 2025
Hatvan, Magyarország : Dénes Natur Műhely Kiadó (2025) pp. 140-147. , 7 p.
Szaktanulmány (Könyvrészlet) | Tudományos[35791247] [Admin láttamozott]
2. Skoda, Gabriella ; Molnár, Zsófia ; Tóth, Arnold ; Lakatos, István ; Nagyéri, György ; Szemethy, László ; Szőke, Zsuzsanna
A szarvasfélék természetes táplálékainak mikotoxin analitikája (2022)
Nem besorolt (Egyéb) | Tudományos[33296962] [Nyilvános]

Konferencia megjelenések

1. Lakatos, István ; Tóth, Arnold ; Molnár, Zsófia ; Babarczi, Bianka ; Imre, Evelin ; Szemethy, László ; Szőke, Zsuzsanna
MYCOTOXIN MEASUREMENTS FROM FALLOW DEER MILK
In: Benczúr, Kinga; Gócza, Elen; Pál, Magda; Pusztahelyi, Tünde (szerk.) FIBOK 2024 6th National Conference of Young Biotechnologists
Budapest, Magyarország : MTA Agrártudományok Osztálya, Mezőgazdasági Biotechnológiai Tudományos Bizottság (2024) 111 p. pp. 105-105. , 1 p.
Teljes dokumentum
Absztrakt / Kivonat (Egyéb konferenciaközlemény) | Tudományos[34865231] [Admin láttamozott]
2. Pálfiné, Lábadi Anikó ; Molnár, Zsófia ; Plank, Patrik ; Pálfi, Mihály Péter ; Lakatos, István ; Katona, Krisztián ; Heltai, Miklós ; Szőke, Zsuzsanna
Multiple mycotoxin exposure and its consequences in fallow deer bucks
In: Bényi, Erzsébet; Bodnár, Ákos; Pajor, Ferenc; Póti, Péter (szerk.) IX. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap : Előadások és poszterek összefoglaló kötete = 9th Scientific Day of Animal Breeding in Gödöllő : Book of Abstracts of Presentations and Posters
Gödöllő, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus (2024) 115 p. pp. 105-105. , 1 p.
Absztrakt / Kivonat (Egyéb konferenciaközlemény) | Tudományos[35619549] [Nyilvános]
3. Lakatos, István ; Sükösd, Farkas ; Szőke, Zsuzsanna ; Szemethy, László
A szarvasfélék agancstő rendellenessége és szaporodásbiológiai problémái (2023)
Konferencia a klímaváltozásnak a nagyvadállományra gyakorolt negatív hatásairól., Konferencia előadás, 2023. április 5.,
Egyéb URL
Nem besorolt (Egyéb) | Tudományos[34158046] [Nyilvános]
4. Sükösd, Farkas ; Lakatos, István ; Arany-Tóth, Attila ; Szőke, Zsuzsanna ; Szemethy, László
Megfigyeléstől a felismerésig: az agancstő megbetegedés leírása (2023)
Konferencia a klímaváltozásnak a nagyvadállományra gyakorolt negatív hatásairól., Konferencia előadás, 2023. április 5.,
Egyéb URL
Nem besorolt (Egyéb) | Tudományos[34158047] [Nyilvános]
5. Szőke, Zsuzsanna ; Molnár, Zsófia ; Tóth, Arnold ; Lakatos, István ; Plank, Patrik ; Skoda, Gabriella ; Sükösd, Farkas ; Szemethy, László
Takarmányozástól a szaporulatig, toxikológus szemmel” (2023)
Konferencia a klímaváltozásnak a nagyvadállományra gyakorolt negatív hatásairól., Konferencia előadás, 2023. április 5.,
Egyéb URL
Nem besorolt (Egyéb) | Tudományos[34158084] [Admin láttamozott]
6. Gabriella, Skoda ; István, Lakatos ; Szilvia, Stranczinger ; Rita, Márkus ; Bianka, Babarczi ; Zsófia, Molnár ; Arnold, Tóth ; László, Szemethy ; Zsuzsanna, Szőke
Dámszarvas gyomortartalmának mikotoxin-szennyezettség vizsgálata

- In: Soltész, Zoltán (szerk.) XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia „Klímaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások” : Absztrakt kötet
Budapest, Magyarország : Magyar Biológiai Társaság (2022) 128 p. pp. 99-99. , 1 p.
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[33089300] [Admin láttamozott]
7. Lakatos, István ; Babarczi, Bianka ; Skoda, Gabriella ; Molnár, Zsófia ; Tóth, Arnold ; Sükösd, Farkas ; Szemethy, László ; Szőke, Zsuzsanna
Magzatkori mikotoxin-kitettség vizsgálata dámvadban
In: Soltész, Zoltán (szerk.) XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia „Klímaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások” : Absztrakt kötet
Budapest, Magyarország : Magyar Biológiai Társaság (2022) 128 p. pp. 77-77. , 1 p.
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[33338733] [Admin láttamozott]
8. Lakatos, István ; Márkus, Rita ; Szőke, Zsuzsanna ; Nagy, Nikolett ; Babarczi, Bianka ; Kutyáncsánin, Damir ; Stranczinger, Szilvia ; Szemethy, László
Növényevők (dámszarvas – *Dama dama*, őz - *Capreolus capreolus* és mezei nyúl - *Lepus europaeus*) táplálék összetételének meghatározása mikotoxin tartalom meghatározás céljára.
In: Soltész, Zoltán (szerk.) XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia „Klímaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások” : Absztrakt kötet
Budapest, Magyarország : Magyar Biológiai Társaság (2022) 128 p. pp. 76-76. , 1 p.
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[33089260] [Admin láttamozott]
9. Lakatos, István ; Márkus, Rita ; Stranczinger, Szilvia ; Nagy, Nikolett ; Babarczi, Bianka ; Kutyáncsánin, Damir ; Szőke, Zsuzsanna ; Szemethy, László
Mikotoxinok jelenléte dámszarvas (*dama dama*) táplálékában
In: Bánfalvi, Zsófia; Gócza, Elen; Olasz, Ferenc; Pál, Magda; Posta, Katalin; Várallyay, Éva (szerk.) „FIBOK 2022” : Fiatal Biotechnológusok V. Országos Konferenciája : Program és angol nyelvű összefoglalók
Gödöllő, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet (2022) 125 p. pp. 83-83. Paper: PEM-2-2# , 1 p.
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[33089126] [Nyilvános]
10. Lakatos, István ; Babarczi, Bianka ; Skoda, Gabriella ; Sükösd, Farkas ; Szemethy, László ; Szőke, Zsuzsanna
MAGZATKORI MIKOTOXIN-KITETTSÉG VIZSGÁLATA DÁMVADBAN
In: Bánfalvi, Zsófia; Gócza, Elen; Olasz, Ferenc; Pál, Magda; Posta, Katalin; Várallyay, Éva (szerk.) „FIBOK 2022” : Fiatal Biotechnológusok V. Országos Konferenciája : Program és angol nyelvű összefoglalók
Gödöllő, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet (2022) 125 p. pp. 82-82. , 1 p.
Teljes dokumentum
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[32857509] [Admin láttamozott]
11. Szemethy, László ; Lakatos, István ; Sükösd, Farkas ; Márkus, Rita ; Stranczinger, Szilvia ; Horváth, Győző ; Tóth, Dániel ; Berta, Balázs ; Szőke, Zsuzsanna
Mikotoxinok hatásai természetes életközösségekben kutatási téma bemutatása
In: Soltész, Zoltán (szerk.) XIII. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia „Klímaváltozás: trendek, veszélyek és megoldások” : Absztrakt kötet
Budapest, Magyarország : Magyar Biológiai Társaság (2022) 128 p. pp. 106-107. , 2 p.
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[33089340] [Admin láttamozott]

12. Lakatos, István ; Sükösd, Farkas ; Szőke, Zsuzsanna ; Erdélyi, Károly ; Arany-Tóth, Attila ; Kemenesi, Gábor ; Szemethy, László
Nem értékes trófeairíttság, súlyos betegség: a szarvasfélék agancstő rendellenessége = Rare but non-valuable trophy & a serious disease: Antler base disorder in Cervidae
In: Bors, Richárd; Göbölös, Péter; Kovács, Tamás; Köteles, Petra Egy a természettel. A Nemzetközi Vadászati és Vadgazdálkodási Konferencia Emlékkönyve : A vadászat egy a természettel
Budapest, Magyarország : Egy a Természettel Nonprofit Kft (2021) 263 p. pp. 150-156. , 7 p.
Konferenciaközlemény (Könyvrészlet) | Tudományos[34158077] [Admin láttamozott]
13. Szőke, Zsuzsanna ; Szemethy, Dániel ; Ujhegyi, Nikolett ; Peer, Gabriella ; Lakatos, István ; Vörös-Láczó, Edina ; Szemethy, László
Mycotoxins in animal feed and the forage of wild herbivores: adverse physiological effects and implications of climate change
In: Bujdosó, Zoltán; Dinya, László; Csernák, József (szerk.) XVII. Nemzetközi Tudományos Napok - Abstract Book : 17th International Scientific Days - Abstract Book
Gyöngyös, Magyarország : EKE Líceum Kiadó (2020) 245 p.
Absztrakt / Kivonat (Könyvrészlet) | Tudományos[31963176] [Nyilvános]
14. Szőke, Zsuzsanna ; Lakatos, István ; Peer, Gabriella ; Szemethy, Dániel ; Vörös-Láczó, Edina ; Szemethy, László
Dél-Dunántúli régió dámszarvas populációit érintő trófeaépítési- és szaporodásbiológiai rendellenességek vizsgálat (2019)
25. Szaporodásbiológiai Találkozó, 2019. november 8-9. Balatonkenese,
Egyéb URL
Nem besorolt (Egyéb) | Tudományos[31188671] [Nyilvános]

Egyéb szakmai publikáció

1. Fehér, Péter ; Molnár, Zsófia* ; Pálfi, Mihály Péter ; Pálfiné Lábadi, Anikó ; Plank, Patrik ; Lakatos, István ; Heltai, Miklós ; Szemethy, László ; Stéger, Viktor ✉ ; Szőke, Zsuzsanna ✉
The Initial Detection of Mycotoxins Released and Accumulated in the Golden Jackal (Canis aureus): Investigating the Potential of Carnivores as Environmental Bioindicators
INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES 26 : 8 p. 3755 (2025)
DOI Scopus Egyéb URL
Szakcikk (Folyóiratcikk) | Tudományos[36095316] [Egyeztetett]

Konferencia megjelenések

1. Fehér, Péter ; Molnár, Zsófia ; Pálfi, Mihály Péter ; Pálfiné, Lábadi Anikó ; Plank, Patrik ; Lakatos, István ; Heltai, Miklós ; Stéger, Viktor ; Szőke, Zsuzsanna
Mycotoxin analysis of Golden jackal (Canis aureus) in Hungary
In: Bényi, Erzsébet; Bodnár, Ákos; Pajor, Ferenc; Póti, Péter (szerk.) IX. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap : Előadások és posztterek összefoglaló kötete = 9th Scientific Day of Animal Breeding in Gödöllő : Book of Abstracts of Presentations and Posters
Gödöllő, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus (2024) 115 p. pp. 96-96. , 1 p.
Absztrakt / Kivonat (Egyéb konferenciaközlemény) |
Tudományos[35626694] [Nyilvános]
2. Szemethy, László ; Lakatos, István
Vadtakarmányozás (2023)
Konferencia a klímaváltozásnak a nagyvadállományra gyakorolt negatív hatásairól., Konferencia előadás, 2023. április 5.,
Egyéb URL
Nem besorolt (Egyéb) | Tudományos [34158053] [Admin láttamozott]