

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

GEICSNEK-KOLTAY ILONA ANNA

**GEORGIKON CAMPUS
KESZTHELY**

2022



MAGYAR AGRÁR ÉS ÉLETTUDOMÁNYI
EGYETEM

GEORGIKON CAMPUS

**TAKARMÁNYOZÁSI MÓDSZEREK
HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A
SERTÉSHÍZLALÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ
AMMÓNIAEMISSZIÓ CSÖKKENTÉSÉRE**

Geicsnek-Koltay Ilona Anna

Keszthely

2022

A doktori iskola megnevezése: Festetics Doktori Iskola

tudományága: Állattudományok

vezetője: Dr. Anda Angéla DSc egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus,
Növénytermesztési-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék

Témavezető: Dr. Dublec Károly CSc egyetemi tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Élettani és
Takarmányozástani Intézet, Takarmányozási és Takarmányozás-élettani
Tanszék

A jelölt a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei, célkitűzések

Az ammónia-kibocsátás regionális, nemzeti és nemzetközi szinten is a levegőminőség-romlás legfontosabb tényezője, a gazdasági állatok pedig a legfőbb forrásai az ammónia emisszióknak. A gazdasági állatokkal összefüggő ammóniaemisszió kritikus környezetszennyező tényező. Becslések szerint az Európai Unióban az ammónia- (és nitrogén) emisszió 80-90%-a az állattenyésztéshez köthető. Magyarország esetében ez az érték 70% körüli, melyből a sertés ágazat 21%-ért felelős (LOVAS 2015). Az EU levegőminőségének javítása érdekében dolgozták ki a 2016/2284 irányelvet, hogy csökkentsék az egyes légköri szennyező anyagok nemzeti kibocsátását. Eszerint a tagállamoknak el kell érniük bizonyos csökkentést. Hazánknak 2030-ra 32%-os ammónia emissziós csökkentést kell elérnie, a 2005-ös bázisévhez képest (NEC 2016).

Az állatok N-ürítésének csökkentésére számos takarmányozási lehetőség áll a rendelkezésünkre. Ez megvalósítható az állatok mindenkori igényeihez igazított, több fázisú takarmányozással (BOISEN et al. 1991, KOCH 1990, VAN DER PEET-SCHWERING és VOERMANS 1996), vagy csökkentett nyersfehérjetartalmú, kristályos aminosavakkal kiegészített tápok etetésével (BAT, 2015, BITTMAN et al., 2014, CHAN et al., 1998a, CARTER és KIM, 2013, DUBLECZ, 2011, GATEL és GROSJEAN, 1992, KERR, 2003, NIYAZOV és OSTRENKO, 2020, POWERS et al., 2007, SCHUTTE et al., 1993, LI et al., 2015, WANG et al., 2018). Különböző kutatások bizonyították, hogy a kristályos aminosav-kiegészítés alkalmazásakor, a takarmányok nyersfehérje-tartalmát 30-40 g/kg-mal lehet csökkenteni anélkül, hogy az befolyásolná az állatok teljesítményét (NIYAZOV és OSTRENKO 2020, CANH et al. 1998b, DOURMAD et al. 1993, LENIS és SCHUTTE 1990, HAN és LEE 2000,

KERR et al. 2003, CARPENTER et al. 2004, ZHAO et al. 2019,). Az irodalmi adatok alapján, 1% nyersfehérje-csökkentéssel 10%-kal kisebb NH₃ emissziót lehet elérni (DUBLECZ 2011, WANG et al. 2018, FVM 2008, GAY 2008, FIGUEROA et al. 2000), de korlátozott mennyiségű információ áll rendelkezésre a hízósertések genotípusának és életkorának hatásairól, csökkentett nyersfehérjetartalmú tápok etetése mellett. Feltehetően nem lineáris a kapcsolat a fehérje csökkentés és a különböző N-formák kiválasztódása között, de ezzel kapcsolatban is kevés információ áll a rendelkezésünkre. A nitrogénforgalmi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a nyersfehérje-csökkentés nagyobb hatással van a vizelettel ürített N mennyiségére, mint a bélsárral ürítettre (CHAN et al. 1998a, PORTEJOIE 2004, O'CONNELL et al. 2006, O'SHEA et al. 2009). Az úgynevezett „total ammoniacal nitrogen”-nek (TAN) a fő forrása a vizelet N, főként a karbamid (HUTCHINGS 2015).

További takarmányozási lehetőségek az ammóniaemisszió csökkentésére, a vizelettel ürített N arányának csökkentése vagy a vizelet pH-jának csökkentése (BITTMAN et al. 2014, DUBLECZ 2011, GAY 2008, AARNINK és VERSTEGEN 2007). A vizelettel ürített N arányának csökkentése a takarmányok nem keményítő típusú szénhidrát (NSP) tartalmának növelésével érhető el. Az ilyen típusú szénhidrátok ugyanis elősegítik a bakteriális fermentációt a vastagbélben, és így több ammónia alakul át bakteriális fehérjévé, ami lassabban alakul át ammóniává a trágyában (O'SHEA et al. 2009, AARNINK és VERSTEGEN 2007, LOW 1985, PHILIPPE et al. 2011, PHILIPPE et al. 2015). Az NSP szintjének növelése azonban egy szint felett negatív hatásokkal is járhat, mivel csökkentheti a tápanyagok emészthetőségét (SZABÓ és HALAS 2011, BITTMAN et al. 2014). Jelenleg nincsenek olyan fermentálható NSP-

szintek és NSP-források meghatározva, amelyek hatékonyak az ammóniakibocsátásban anélkül, hogy a termelési mutatókat befolyásolják.

A vizelet kémhatását a szervezetből kiürülő savas és bázikus kémhatású anyagok aránya alakítja ki (BITTMAN et al. 2014, DUBLECZ 2011, PHILIPPE et al. 2011, SZABÓ és HALAS 2011). A vizelet kémhatását adalékanyagokkal savanyíthatjuk. Ilyen eljárás lehet, ha a takarmányhoz Ca-pótlásként a bázikus kémhatású kalcium-karbonát (CaCO_3) helyett, savanyító hatású Ca-sókat (CaSO_4 , CaCl_2 , Ca-benzoát) adunk (BITTMAN et al. 2014, DUBLECZ 2011, PHILIPPE et al. 2011, SZABÓ és HALAS 2011, NØRGAARD et al. 2010). A vizelet pH-értéke ilyenkor 1,6-1,8%-kal csökken, melynek hatására a vizeletből és a hígtrágyából származó NH_3 -kibocsátás 26-53%-kal mérséklődik (DUBLECZ 2011). A CaCO_3 fent említett alternatívái azonban elektrolit-egyensúly zavarokat is okozhatnak, és ezáltal csökkenthetik a takarmányfelvételt és a növekedést.

Kutatásunk során az volt a célunk, hogy pontosabb adatokat nyerjünk az ország legelterjedtebb sertésgenetípusainak N-anyagcseréjéről, és ezeket az eredményeket felhasználva javítsuk a jelenleg használt ammónia emissziós leltárszámítás pontosságát. További célunk volt a különböző élősúly-kategóriájú hízósertések N-retenciója és kiválasztása közötti különbségek feltárása. A takarmányozási stratégiák közül az alacsony nyersfehérjetartalmú tápok etetésének, a leggyakoribb 4 fázis helyett 6 hizlalási fázis alkalmazásának, a répaszelet, mint fermentálható rostforrás és a Ca-benzoát, mint potenciális vizeletsavanyító etetésének hatásait vizsgáltuk. Az egyes kezelések mellett ezek kombinációját is vizsgáltuk. Állatkísérleteinkben fontos feltétel volt, hogy a kezelések a gyakorlati használatba illeszthetők legyenek, ne befolyásolják az állatok növekedését.

2. Anyag és módszer

2.1. Első kísérlet

Az első kísérlet során a genotípus, a kor és a csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatását vizsgáltuk a hízósertések N-forgalmára. Kísérleteinket a Czakó J. által megfogalmazott N-forgalmi vizsgálatokra vonatkozó módszertan szerint végeztük. (REGIUSNÉ MŐCSÉNYI, 1982).

2.1.1. Állatok, elhelyezésük és kezelések

A kísérlet során összesen 60 választott ártány malacot, a két genotípusból 30-30-at állítottunk be közel azonos élősúly alapján való előválogatás után. Az állatokat 6 fülkében helyeztük el, fülkénkénti 10-es állatlétszámmal. A fülkék mérete 3,5 x 3,4 m volt. Alomanyagként búzaszalmát használtunk, a fülkék önetetővel és önitatóval felszereltek voltak. A trágyát naponta távolítottuk el. A malacok fele Magyar nagyfehér (MNF) volt, amely a későn érő hústípusú sertéstípusok közé tartozik, nagy növekedési potenciállal, egészen magas testsúlyig. A fennmaradó 30 állat keresztezett sertés (Topigs 20 x Danbred Duroc) (DB) volt, és a korai érésű húsertés típusokat képviselte, intenzívebb növekedési potenciállal és magasabb fehérjeigénnyel a hizálás korai szakaszában. Négyfázisú hizlálást alkalmaztunk, 20-30 kg, 30-40 kg, 40-80 kg és 80-110 kg élősúly-kategóriákkal. Starter, hízó I, hízó II és befejező takarmányt etettünk, 53–71., 72–80., 81–127., illetve 128–162. napok között. Mindkét csoport takarmányát az intenzív keresztezett (DB) és a félintenzív Magyar nagyfehér (MNF) genotípusok igényei (Magyar Takarmánykódex 2004) szerint állítottuk össze. Az tápok standardizált ileális emészthető (SID) aminosavak alapján lettek optimalizálva. A takarmányok SID aminosav tartalmát NIR készülékkel becsültük. A normál nyersfehérje tartalmú

kontroll tápok (K) mellett, két alacsonyabb nyersfehérje tartalmú tápot etettünk. A fehérjecsökkenés mindegyik fázisban 1,5 (1. kezelés) és 3% (2. kezelés) volt. A tápok kukorica, búza és extrahált szójadara alapúak voltak. Minden táp tartalmazott kristályos lizint, metionint és treonint. Triptofán pótlására csak az alacsony nyersfehérje tartalmú tápok esetében volt szükség. A takarmányok fehérjetartalmának csökkenésével a kukorica, a napraforgóolaj és a kristályos aminosavak aránya nőtt, míg az extrahált szójadara mennyisége csökkent. A szójadara aránya a 2. kezelés tápjában átlagosan 10%-kal alacsonyabb volt a kontroll tápokéhoz képest. A tápokot izokalorikusan állítottuk össze, tápanyagtartalmukban a fő különbség csak a nyersfehérjében volt.

2.1.2. Mintavétel

Minden takarmányozási fázisban fülkénként 6 azonos súlyú állatot, egy hét időtartamra, egyedi kihasználási ketrecbe helyeztünk, a N-forgalmi vizsgálatok elvégzése érdekében. Itt lehetőségünk nyílt külön gyűjteni a vizelet és a bélsár teljes mennyiségét. Az állatok az anyagcsereketrecben való elhelyezésük ideje alatt az ad libitum napi fogyasztás 95%-ának megfelelő mennyiségű takarmányt vehettek fel, két egyenlő részletben (7:00 és 15:00 órakor). Az ivóvíz tetszés szerint állt a rendelkezésükre. A ketrecek tartalmazó terem hőmérsékletét 18 ± 2 °C-ra állítottuk be. Az állatok számára szükséges fényt (80 lux / napi 9 óra) természetes, illetve mesterséges fényforrással biztosítottuk. A levegő minőséget minden nap ellenőriztük Draeger készülékkel (Draeger x-am 5600). A CO₂ és NH₃ koncentrációk a 400–1100, illetve a 0–2.6 ppm tartományokban mozogtak. Az egy hetes anyagcsereketrecben töltött idő, két nap szoktatási és öt nap mintavételi időszakból tevődött össze. A széklet teljes mennyiségét és 100

ml vizeletet naponta összegyűjtöttük, és -20 °C-on tároltuk. A vizelet nitrogénveszteségének csökkentése érdekében 20 ml 5%-os kénsavat öntöttünk a vizelettartályokba. Az analitikai eljárás előtt minden sertés napi ürülék- és vizeletmintáját összekevertük, homogenizáltuk, és egy körülbelül 500 ml vizeletből és 500 g székletből álló reprezentatív mintát használtunk a nitrogénanalízishez.

2.1.3. Kémiai vizsgálatok

A bélsár- és vizeletmintákból Kjeldahl-módszerrel meghatároztuk azok N-tartalmát, Foss–Kjeltec 8400 Analyzer (Nils Foss Allé 1, DK-3400 Hilleroed, Dánia) készülék segítségével, és kiszámítottuk a legfontosabb N-forgalmi paramétereket. A TAN százalékot az összes N ürítés vizelettel ürülő hányada alapján határoztuk meg.

2.1.4. Takarmányanalitikai vizsgálatok

A kísérleti tápoknak meghatároztuk a szárazanyag (152/2009/EK III. melléklet A), nyersfehérje (152/2009/EK III. melléklet C), nyerszsír (MSZ 6830-19:1979), nyersrost (152/2009/EK III. melléklet I), nyershamu (152/2009/EK III. melléklet M), aminosav (159/2009/EK III. melléklet F), N (MSZ EN ISO 5983-2), teljes P (ISO 6491: 2001) és Ca (ISO 6869: 2001) tartalmát.

2.1.5. Statisztikai értékelés

A kapott eredményeket SPSS 22 program segítségével értékeltük ki ($p < 0,05$). Genotípusonként és korcsoportonként külön-külön, egytényezős varianciaanalízis alkalmazásával történt annak tesztelése, hogy az egyes paraméterek tekintetében mutatkozott-e szignifikáns eltérés az eltérő fehérjetartalmú tápok etetésekor. Amennyiben a szórás-homogenitás

megfelelő volt (ezt Levene-tesztel ellenőriztük), az azonos elemszámú futtatásoknál Tukey, míg a különböző elemszám esetében a Hochberg és Gabrielle tesztek használtak. Amennyiben a Levene-teszt szignifikáns volt, megvizsgáltuk a Welch-teszt eredményét és ennek függvényében a Dunett T3 teszt eredménye alapján állapítottuk meg a szignifikanciát. A genotípus, a korcsoport és a takarmánykezelések, mint független tényezők hatását többtényezős varianciaanalízissel is vizsgáltuk. Az elemzéshez háromtényezős ANOVA-t használtunk, a fő tényezők szabadságfoka nem limitálta az elemzést. A szóráshomogenitás ebben az esetben is előfeltétele a vizsgálatnak, ezt természetesen ellenőriztük Levene-teszt segítségével. A N-felvétel és a N-ürítés közötti kapcsolatot lineáris regressziószámítással és korrelációanalízissel tártuk fel. A jelenleg, a hazai ammónia emissziós leltárszámítás során alkalmazott 70%-os TAN ürítési értékekkel is összevetettük az általunk kapott adatokat. A kibocsátási értéktől való eltérés tényét egymintás T-próba segítségével vizsgáltuk.

2.2. Második kísérlet

A második kísérlet során a különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak hatását vizsgáltuk a hízósertések N-forgalmára. Kísérleteinket szintén a Czakó J. által megfogalmazott N-forgalmi vizsgálatokra vonatkozó módszertan szerint végeztük el. (REGIUSNÉ MŐCSÉNYI, 1982).

2.2.1. Állatok, elhelyezésük és kezelések

A kísérletet a kontroll takarmányozási csoportba hús, illetve a különböző kezelések esetében 10 választott Topigs 20 x Danbred Duroc (továbbiakban: Danbred (DB)) ártány malaccal végeztük el. Az állatokat a korábbiakhoz hasonlóan közel azonos élősúly alapján válogattuk össze,

majd 8 fülkébe, fülkénként 10-es állatlétszámmal, helyeztük el. Az állatok elhelyezése és ellátása teljes mértékben megegyezik a 2.1.2. fejezetben leírtakkal. Az egyes tápok 3 fázisban etettük (30-40 kg; 40-80 kg; 80-110 kg). Az etetett tápok közötti különbségek a következők voltak:

- kontroll (az NRC (2012) ajánlásainak megfelelő fehérjetartalmú, kukorica, extrahált szójadara alapú tápsor) (K)
- 2%-kal csökkentett nyersfehérje-tartalmú tápok kristályos aminosav-kiegészítéssel (F)
- répaszeletet tartalmazó tápok (10%-os bekeverés) (R)
- Ca-benzoát bekeverése a CaCO₃ részleges kiváltására (0,5%-os bekeverés) (B)
- csökkentett nyersfehérje-tartalom + répaszelet (FR)
- csökkentett nyersfehérje-tartalom + Ca-benzoát (FB)
- csökkentett nyersfehérje-tartalom + Ca-benzoát + répaszelet (FBR)

2.2.2. Mintavétel

A második takarmányozási fázisban (40-80 kg) minden csoportból 6-6 egyedet, egy hét időtartamra anyagcsereketrebe helyeztünk. Az itt elvégzett munkafolyamatok teljes mértékben megegyeznek a 2.1.2. fejezetben leírtakkal. A korábban leírtak mellett, egy plusz mérést végeztünk, ami a friss vizelet pH értékének meghatározása volt. A friss vizelet gyűjtése a reggeli etetés során zajlott. A méréseket Adwa Waterproof AD12 típusú műszerrel végeztük.

2.2.3. Kémiai és takarmányanalitikai vizsgálatok

A második kísérlet során elvégzett analitikai vizsgálatok teljes mértékben megegyeznek a 2.1.3. és 2.1.4. fejezetben leírtakkal.

2.2.4. Statisztikai értékelés

A statisztikai értékelést SPSS 22 program segítségével végeztük el. Egytényezős varianciaanalízis alkalmazásával történt annak tesztelése, hogy az egyes paraméterek tekintetében a kezelések között mutatkozott-e szignifikáns eltérés ($p < 0,05$). Amennyiben a szóráshomogenitás megfelelő volt (ezt Levene-teszttel ellenőriztük) Tukey post hoc tesztet használtunk. Amennyiben a Levene-teszt szignifikáns volt, megvizsgáltuk a Welch-teszt eredményét és ennek függvényében a Dunnett T3 teszt eredménye alapján állapítottuk meg a szignifikanciát.

2.3. Harmadik kísérlet

A harmadik kísérlet során a hízalási fázisok számának hatását vizsgáltuk a hízósertések termelési paramétereire és N-forgalmára.

2.3.1. Állatok, elhelyezésük és kezelések

A kísérlet során a különböző takarmányozási csoportokba 35-35 választott Topigs 20 x Danbred Duroc (továbbiakban: Danbred (DB)) ártány malac került beállításra. Ez takarmányozási csoportonként 5-5 fülkét jelentett, fülkénként 7-7 malaccal. Az állatok elhelyezése és ellátása teljes mértékben megegyezik a 2.1.1. fejezetben leírtakkal. Takarmányozásuk során a kontrollcsoportok esetében a hazánkban leggyakrabban alkalmazott fázisokat (20-30 kg; 30-40 kg; 40-80 kg; 80-110 kg), míg a kísérleti csoportok esetében 6 fázisú takarmányozást (20-30 kg; 30-40 kg; 40-60 kg; 60-80 kg; 80-100 kg; 100 kg-) alkalmaztunk.

2.3.2. Mintavétel

A fülkénkénti takarmányfogyasztást minden nap, míg az állatok tömegét minden héten hétfőn mértük. Az élősúly mérés digitális állatmérleg

segítségével történt 0,1 kg-os pontossággal. Az így kapott adatokból számítottuk ki az egyedi súlygyarapodást, a fülkénkénti takarmányfogyasztást, súlygyarapodást és fajlagos takarmányértékesítést. Az állatok N-retencióját az adott fázisra vonatkozó N-felvétel és súlygyarapodás értékeiből számítottuk. A sertéstest átlagos N-tartalmát - a nemzetközi irodalomnak megfelelően - 2,56%-os értékkel vettük figyelembe (DÄMMGEN et al. 2013).

2.3.3. Kémiai és takarmányanalitikai vizsgálatok

A második kísérlet során elvégzett analitikai vizsgálatok teljes mértékben megegyeznek a 2.1.3. és 2.1.4. fejezetben leírtakkal.

2.3.4. Statisztikai értékelés

A kapott adatokat SPSS 22 program segítségével, kétmintás T-próba (Independent Samples T Test) alkalmazásával értékeltük ki ($p < 0,05$).

3. Eredmények és azok értékelése

Az első kísérlet eredményeit, a legfontosabb N-forgalmi paraméterek vonatkozásában, az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A genotípus, az élősúly és a takarmányok nyersfehérje tartalmának hatása a hízósertések N-forgalmi paramétereire

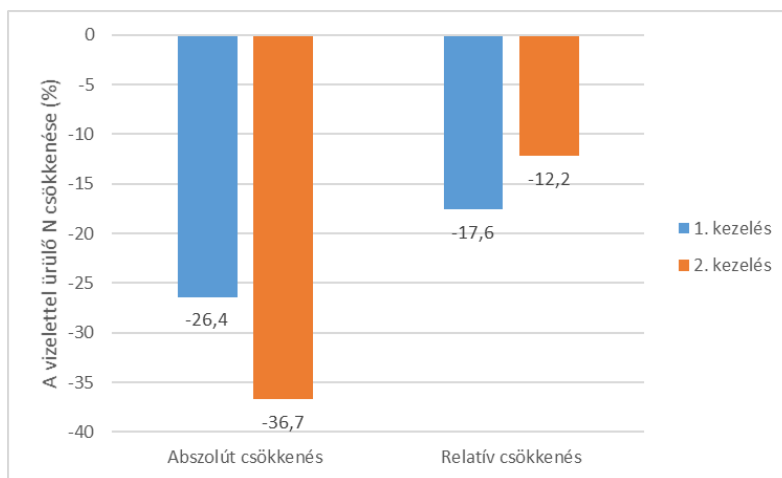
	N- felvétel (g/nap)	Bélsárral ürített N (g/nap)	N emészthetőség (%)	Vizelettel ürített N (g/nap)	TAN (%)	Összes N ürítés (g/nap)	N-retenció (%)
20-30 kg	38,22 ^d	5,53 ^d ±0,24	85,47 ^a ±0,4	10,38 ^c ±0,65	61,50 ^{ab} ±1,1	15,91 ^c ±0,62	58,67 ^a ±1,07
30-40 kg	43,98 ^c	7,25 ^c ±0,24	83,51 ^b ±0,4	10,32 ^c ±0,64	57,56 ^b ±1,13	17,56 ^c ±0,61	60,33 ^a ±1,05
40-80 kg	63,00 ^b	9,86 ^b ±0,25	84,56 ^{ab} ±0,4	16,81 ^b ±0,69	61,31 ^{ab} ±1,2	26,67 ^b ±0,65	58,96 ^a ±1,13
80 kg<	73,28 ^a	12,61 ^a ±0,25	82,92 ^b ±0,4	24,49 ^a ±0,67	65,04 ^a ±1,81	37,10 ^a ±0,64	50,22 ^b ±1,10
Kontroll	62,92 ^a	10,64 ^a ±0,21	83,31 ^b ±0,4	19,62 ^a ±0,57	63,34 ^a ±1,01	30,27 ^a ±0,54	53,24 ^b ±0,94
Kezelés 1	52,80 ^b	7,98 ^b ±0,21	85,26 ^a ±0,4	14,45 ^b ±0,58	62,53 ^a ±1,02	22,43 ^b ±0,55	59,10 ^a ±0,95
Kezelés 2	48,14 ^c	7,81 ^b ±0,21	83,77 ^b ±0,4	12,42 ^c ±0,57	58,19 ^b ±1,00	20,23 ^c ±0,54	58,80 ^a ±0,93
Danbred	60,87 ^a	9,67 ^a ±0,17	84,16 ^a ±0,3	20,09 ^a ±0,46	66,27 ^a ±0,80	29,75 ^a ±0,43	51,63 ^b ±0,75
Magyar Nagyfehér	48,37 ^b	7,95 ^b ±0,18	84,07 ^a ±0,3	10,91 ^b ±0,48	56,44 ^b ±0,85	18,87 ^b ±0,46	62,47 ^a ±0,79
Pooled SEM	1,564	0,327	0,266	0,803	0,850	1,049	0,890
p-értékek							
Élősúly	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Genotípus	0,0001	0,0001	0,824	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Kezelés	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001
GxÉ	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001
GxK	0,0001	0,0001	0,0001	0,276	0,042	0,016	0,479
ÉxK	0,0001	0,0001	0,061	0,009	0,037	0,0001	0,413
GxÉxK	0,0001	0,0001	0,0001	0,013	0,001	0,001	0,05

a, b: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek az adott tényező kezelése között ($p < 0,05$)
 1. kezelés: -1,5% nyersfehérje tartalom; 2. kezelés: -3% nyersfehérje tartalom
 G: genotípus; É: élősúly; K: kezelés

Eredményeink alapján megállapítható, hogy valamennyi vizsgált fő tényező, a sertések genotípusa, életkora és a takarmányok fehérjetartalma jelentős hatással van a hízósertések N-forgalmára. A N-forgalmi paraméterek közül, a N-emészthetőségét azonban alig befolyásolták. A

trágyából származó ammóniakibocsátásért leginkább felelős, vizelettel ürülő N mutatta a legnagyobb eltérést a kezelések hatására. A kiválasztott N TAN-tartalma 80 kg élősúlyig körülbelül 60% volt, de ezt követően 65%-ra emelkedett. Anyagforgalmi vizsgálatainkban a félintenzív genotípusú MNF sertések, N- és TAN-kiválasztási szempontból, kedvezőbben teljesítettek, ami kisebb ammónia-emissziót jelent. A takarmányozási kezeléseknél a TAN a kontrollhoz képest csak 3%-os fehérjecsökkenés mellett csökkent 63,3%-ról 58,2%-ra. Figyelemre méltó azonban, hogy a két különböző genotípus TAN-értéke között 10%-os különbséget találtunk. Ennek oka leginkább a DB sertések szignifikánsan magasabb vizelet N-ürítése volt. A sertések csökkentett nyersfehérjetartalmú takarmányozása az egyik leghatékonyabb módja az ammóniakibocsátás csökkentésének. Eredményeinkből azonban megállapítható, hogy a tápok fehérjecsökkentésének hatása nem lineáris (1. ábra).

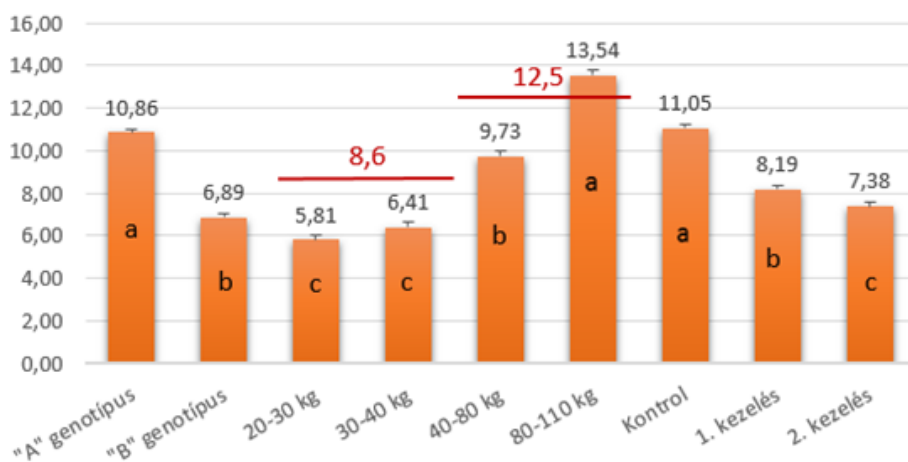
1. ábra: A nyersfehérje csökkentés hatása a vizelettel ürülő N csökkenésére



1. kezelés: -1,5% nyersfehérje tartalom; 2. kezelés: -3% nyersfehérje tartalom

1,5%-os nyersfehérje csökkentés esetén minden százalékos fehérjecsökkenésre 17,6%-os TAN csökkenés és ammónia kibocsátás csökkenés számítható. Ez a csökkenés alacsonyabb (12,2%) a 3%-os táp fehérjecsökkentés mellett. Ezt érdemes figyelembe venni a csökkentett nyersfehérjetartalmú tápok ammóniakibocsátásra gyakorolt hatásának számításakor. A mért N-forgalmi paraméterek - N-ürítés, a kiválasztott N-TAN-tartalma és a N-retenció a sertésekben - kedvezőbbek, mint a hivatalos ajánlásokban található alapértelmezett értékek (2-3. ábra). Az általunk mért részletesebb, országspecifikus adatok felhasználása a leltárkészítés során, elősegítheti az ammóniacsökkentési céljaink elérését.

2. ábra: Az összes N ürítési eredmények és az ammónia leltár készítés során használt konstans értékek (kg/állat/év) (1. kísérlet)



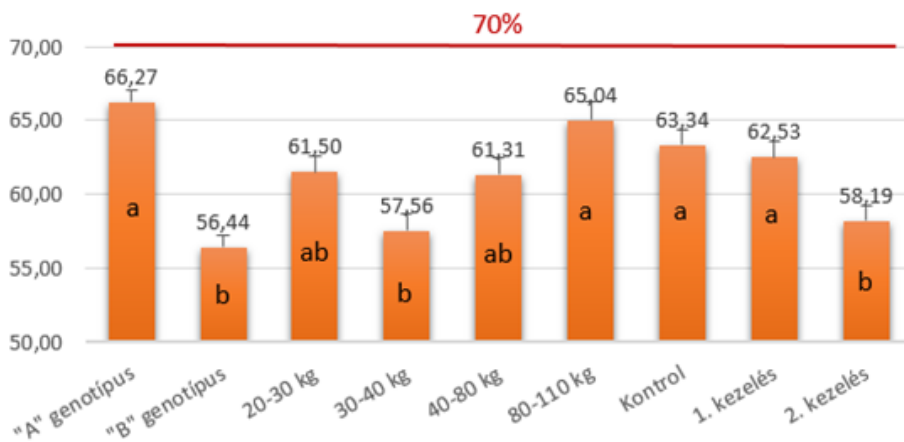
A jelenleg használt kibocsátási értékek a piros vonalak felett láthatók.

a, b, c: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek az adott tényező kezelése között ($p < 0,05$)

„A” genotípus: Danbred; „B” genotípus: Magyar nagyfehér

1. kezelés: -1,5% nyersfehérje tartalom; 2. kezelés: -3% nyersfehérje tartalom

3. ábra: A mért TAN eredmények és az ammónia leltár készítés során használt konstans érték (%) (1. kísérlet)



A jelenleg használt kibocsátási érték a piros vonal felett látható.

a, b: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek az adott tényező kezelése között ($p < 0,05$)

„A” genotípus: Danbred; „B” genotípus: Magyar nagyfehér

1. kezelés: -1,5% nyersfehérje tartalom; 2. kezelés: -3% nyersfehérje tartalom

A második kísérletben a nyersfehérje csökkentés (2% nyersfehérje csökkentés) mellett, a Ca-benzoát, a répaszelet és ezek kombinációinak hatását vizsgáltuk. A kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza. Ebben a kísérletben az anyagcsere vizsgálatokat 55-66 kg élősúlykategóriában végeztük el. A répaszelet, 10%-os bekeverési arány mellett, csökkentette a N emészthetőségét, valamint szignifikánsan kisebb vizelet N ürítést és TAN%-ot eredményezett. Ez azt jelenti, hogy a répaszelet, és annak fermentálható rosttartalma az állatok N-ürítését a bélsárral történő kiválasztás irányába módosítja. Ebben a kísérletben a csökkentett nyersfehérjetartalmú tápok etetése körülbelül 10%-kal csökkentette a TAN-kiválasztást. A 0,5%-os Ca-benzoát bekeverés nem volt hatással a N-forgalmi paraméterekre és a vizelet pH-értékére sem. A kezelések kölcsönhatása nem volt additív.

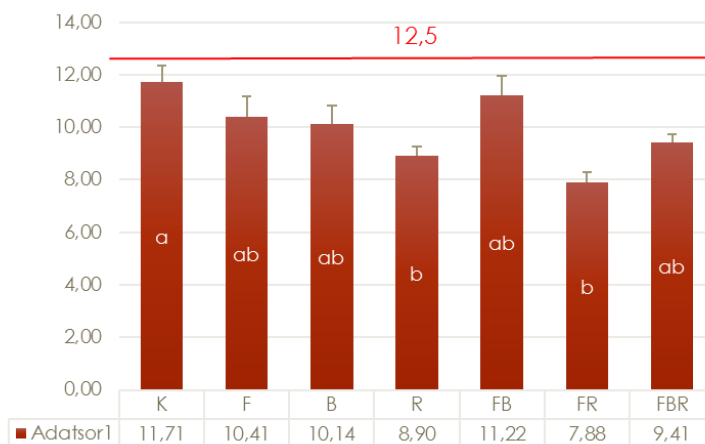
2. táblázat: A különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak hatását a hizósertések N-forgalmi paramétereire

Kezelések*	K	F	B	R	FB	FR	FBR
Bélsárral ürített N (g/nap)	7,57 ±0,43	9,13 ±0,43	7,27 ±0,23	9,56 ±1,08	9,00 ±0,53	7,29 ±0,39	8,76 ±0,51
N emészthetőség (%)	86,58 ^a ±0,73	83,41 ^{ab} ±0,78	85,72 ^a ±0,44	81,1 ^b ±2,13	83,43 ^{ab} ±0,74	83,31 ^{ab} ±0,90	84,15 ^{ab} ±0,93
Vizelettel ürített N (g/nap)	24,5 ^a ±1,52	19,38 ^{ab} ±2,15	20,5 ^{ab} ±1,77	14,83 ^b ±1,00	21,73 ^{ab} ±1,87	14,3 ^b ±1,03	17,01 ^b ±0,53
Összes N ürítés (g/nap)	32,07 ^a ±1,72	28,51 ^{ab} ±2,09	27,77 ^{ab} ±1,87	24,39 ^b ±1,02	30,74 ^{ab} ±1,99	21,60 ^b ±1,13	25,77 ^{ab} ±0,92
TAN (%)	76,14 ^a ±1,18	67,04 ^{abc} ±2,95	73,40 ^{ab} ±1,54	60,98 ^c ±3,94	70,29 ^{abc} ±2,03	66,00 ^{bc} ±1,85	66,10 ^{bc} ±1,18
N retenció (%)	43,50 ±2,11	48,19 ±3,79	45,45 ±3,67	51,80 [±] 2,01	43,62 ±2,36	50,56 ±2,58	53,37 ±1,66
Vizelet pH	8,66 ^a ±0,09	7,71 ^b ±0,16	8,49 ^a ±0,07	8,87 ^a ±0,11	7,68 ^b ±0,09	8,65 ^a ±0,06	8,63 ^a ±0,07

* K: kontroll; F: -2% nyersfehérje-tartalom csökkentés; B: Ca-benzoát-kiegészítés; R: szárítotttrépaszelet-kiegészítés; FB: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés; FR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + szárítotttrépaszelet-kiegészítés; FBR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés + szárítotttrépaszelet-kiegészítés
a, b, c: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek (p<0,05)

Hazánkban jelenleg 12,5 kg/állat/év N-ürítéssel számolunk az ammónia leltár készítésekor az 50 kg feletti sertéseknél. A kontrollcsoport állatainak N-ürítése közel volt ehhez az értékhez, de látható, hogy a tápok összetételének megváltoztatásával vagy takarmány-adalékanyag használatával lényegesen kedvezőbbé válhatnak ezek a N-ürítési adatok (4. ábra). A leltárszámítás során jelenleg a sertés esetében valamennyi korcsoportnál és hasznosítási típusnál 70%-os TAN értékkel számolunk. Eredményeink a FBR kezelés kivételével alig térnek el ettől az értéktől (5. ábra).

4. ábra: Az összes N ürítési eredmények és az ammónia leltár készítés során használt konstans érték (kg/állat/év) (2. kísérlet)

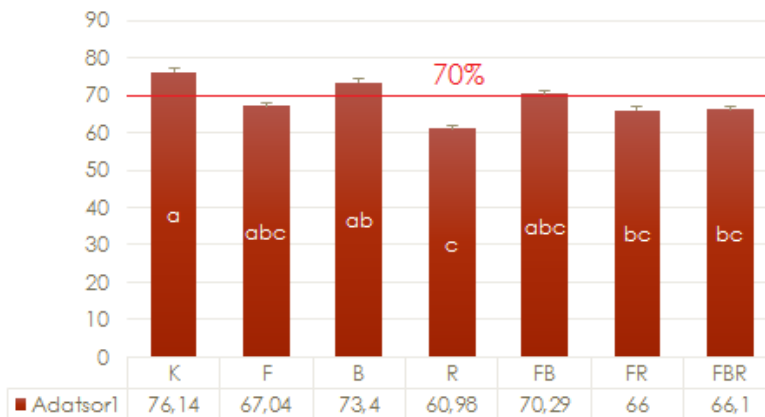


A jelenleg használt kibocsátási érték a piros vonal felett látható.

a, b: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek ($p < 0,05$)

K: kontroll; F: -2% nyersfehérje-tartalom csökkentés; B: Ca-benzoát-kiegészítés; R: szárítotttrépaszelet-kiegészítés; FB: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés; FR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + szárítotttrépaszelet-kiegészítés; FBR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés + szárítotttrépaszelet-kiegészítés

5. ábra: A mért TAN eredmények és az ammónia leltár készítés során használt konstans érték (%) (2. kísérlet)



A jelenleg használt kibocsátási érték a piros vonal felett látható.

a, b, c: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek ($p < 0,05$)

K: kontroll; F: -2% nyersfehérje-tartalom csökkentés; B: Ca-benzoát-kiegészítés; R: szárítotttrépaszelet-kiegészítés; FB: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés; FR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + szárítotttrépaszelet-kiegészítés; FBR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés + szárítotttrépaszelet-kiegészítés

A harmadik kísérletben a különböző számú hizlalási fázisok alkalmazásának hatásait vizsgáltuk (3. táblázat). A Magyarországon általánosan használt 4 fázisú hízó takarmányozást hasonlítottuk össze egy 6 fázisos takarmányozással. A diverzifikáltabb táplálóanyag-ellátás kisebb N-felvételt és kedvezőbb, mintegy 3,8%-kal nagyobb, N-retenciót eredményezett a 6 fázisú csoportban. A termelési paraméterekben (takarmány-felvétel, súlygyarapodás és fajlagos takarmányértékesítés) nem találtunk szignifikáns különbséget.

3. táblázat: A több fázisú takarmányozás hatása a hízósertések N-forgalmi paramétereire

		1. fázis	2. fázis	3. fázis	4. fázis	teljes hizlalás
N felvétel (kg)	4 fázisos	0.61±0.02	0.27±0.00	2.53 ^a ±0.01	3.52 ^a ±0.03	6.93 ^a ±0.04
	6fázisos	0.60±0.02	0.27±0.00	2.48 ^b ±0.01	3.31 ^b ±0.03	6.66 ^b ±0.02
N retenció (kg)	4 fázisos	0.28±0.01	0.12±0.01	1.01±0.01	1.18±0.01	2.59±0.03
	6fázisos	0.27±0.01	0.13±0.01	1.00±0.01	1.19±0.03	2.59±0.02
N retenció (%)	4 fázisos	46.36±2.18	45.09±3.21	39.84±0.52	33.64 ^b ±0.34	37.46 ^b ±0.46
	6fázisos	44.59±1.65	48.01±3.45	40.55±0.49	35.84±0.68 ^a	38.88 ^a ±0.35

Eredményeink alapján a több takarmányozási fázis alkalmazása az irodalmi adatokkal egyezően, pozitívan befolyásolta a sertések N-retencióját és ezáltal csökkentette a N-ürítés és az ammóniaemisszió mértékét. A több fázisú tápsorok használata ugyan többlet logisztikai költségeket generálhat, azonban a fajlagos takarmányköltség csökkenés miatt gazdaságilag is kifizetődő lehet.

4. Következtetések

Eredményeinkből arra lehet következtetni, hogy a hízósertések N- és TAN-ürítésének csökkentésére számos takarmányozási lehetőség áll a rendelkezésünkre. Ezen lehetőségek közül vizsgálataink alapján a kristályos aminosavakkal kiegészített, nyersfehérje csökkentett tápok etetése a leghatékonyabb. Eredményeink lehetővé teszik, a fehérjecsökkentett tápok hatásának figyelembevételét a hízó sertések N- és TAN ürítésére vonatkozóan. Az általánosan alkalmazott és elfogadott, 1%-os táp fehérjecsökkentésre jutó 10%-os N- és TAN ürítés csökkentés a Danbred hízókra elfogadható, bár az egyes súlykategóriák ürítési értékei között lényeges különbségek vannak. A „B” genotípusba tartozó Nagyfehér hízóknál azonban az 1%-os táp fehérje csökkentés 20%-os ürítés csökkentést eredményez. Ennél a genotípusnál a 1,5%-ot meghaladó csökkentés már kisebb, 10%-os N-ürítés csökkenést okoz.

Kísérleti körülmények között, kizárólag a N-forgalmi paramétereket vizsgálva, a takarmányok fermentálható rosttartalmának emelése is hatásos módszer, azonban ilyenkor a tápanyagok emészthetősége csökken, ami ronthatja a fajlagos mutatókat. A répaszelet és más fermentálható rostban gazdag takarmányok hatását tehát érdemes lenne gyakorlati körülmények között, hízalási kísérletek során tesztelni, annak érdekében, hogy lássuk, hogyan befolyásolja a termelési paramétereket. A tápok fermentálható rosttartalmának ammónia emissziót csökkentő hatásának figyelembevételére jelenleg nem áll rendelkezésre elegendő információ. A benzooesav hatása 0,5%-os bekeverési arányban nem elegendő a vizelet pH megváltoztatásához. Fontos eredménynek tekinthető, hogy a fehérjecsökkentett tápok etetése, a benzooesav kiegészítés és a répaszelet

etése között nincs érdemi kölcsönhatás akkor, ha a kezeléseket együtt végezzük.

A jelenleg hazánkban leggyakrabban alkalmazott fázisszámhoz képest több hizlalási fázis alkalmazása esetében a termelési paraméterek befolyásolása nélkül csökkenthető az állatok N-felvétele. Ez ugyan többlet logisztikai költségeket generálhat, azonban a fajlagos takarmányköltség csökkenés miatt gazdaságilag akár kifizetődő is lehet. Ebben az esetben is érdemes lenne azonban nagyobb állatlétszámokkal, telepi körülmények között is megismételni a vizsgálatokat, mivel így kiderülhetne, hogy „ár-érték arányban” megéri-e a módszer használata.

Az említett módszerek hatékonyságvizsgálatával kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a kísérletek ismétlése, nagyobb elemszámokkal való elvégzése, gyakorlati körülményekhez való adaptálása, valamint telepi vizsgálatok elvégzése rendkívül fontos feladat. Ennek ellenére eredményeink nagy segítséget nyújthatnak a hazai ammónia emissziós helyzetkép pontosításához és ahhoz, hogy elkészülhessen a magyar nemzetspecifikus ammónia emissziós leltár. Kísérleteink során ugyanis meghatároztuk a Magyarországon általánosságban használt genetikák N-forgalmi paramétereit a hazai gyakorlatban alkalmazott súlykategóriákban. A vizsgálataink során kapott adatok rávilágítanak arra, hogy a leltárszámításkor érdemes lenne a különböző genotípusokat figyelembe venni, a súlykategóriákat pedig tovább bontani a hízósertések N-, és TAN ürítésének számításakor.

Szükséges lenne továbbá a hazai Takarmánykódex ajánlásainak felülvizsgálata, mivel a ma érvényben lévő változat 2004-es kiadású. Ennyi idő alatt akkora fejlődés történt mind a tudomány, mind a gyakorlat terén,

hogy az újítás elkerülhetetlen és égető kérdés véleményem szerint. Fontos ugyanis, hogy a gazdálkodók számára ne csak a takarmányos és tenyésztő cégek által megfogalmazott ajánlások, hanem független iránymutatások is rendelkezésre álljanak.

5. Új tudományos eredmények

1. A genotípus, függetlenül az állat életkorától, illetve az etetett takarmány nyersfehérje-tartalmától, szignifikáns hatást gyakorol a N-ürítésre. A nagyobb növekedési eréllyel rendelkező „A” genotípusba tartozó sertések (Danbred) több vizelettel ürített N-t választanak ki, mint a „B” genotípusba tartozó sertések (Magyar nagyfehér).

2. Az alacsony nyersfehérje-tartalmú tápok etetése szignifikánsan csökkenti mind a bélsárral, mind pedig a vizelettel ürülő N mennyiségét. A N-kiválasztás csökkenése azonban nem lineáris. Ha magasabb nyersfehérjecsökkentést alkalmazunk, a N-ürítésben bekövetkező változás relatíve kisebb.

3. A vizsgált genotípusok esetében mért N-ürítési értékek a 80 kg alatti élősúly kategóriában, az összes ammónia típusú nitrogén (TAN) ürítési értékei pedig a hizlalás valamennyi fázisában kedvezőbbek, mint a hazai leltárkészítéskor használt értékek.

4. A répaszelet, mint fermentálható rost, 10%-os alkalmazása a 40-80 kg élősúly kategóriában, szignifikánsan csökkenti a vizelettel ürülő N-hányadot, de egyúttal negatívan hat a fehérje emészthetőségére.

5. A Ca-benzoát 0,5%-ban alkalmazva nem befolyásolja a 40-80 kg közötti hízósertések vizelet pH értékét.

6. A 4 helyett, 6 hizlalási fázis alkalmazásával csökkenteni lehet a sertések fehérjebevitelét a termelési paraméterek befolyásolása nélkül. Ez, főként a 80-100 kg-os és 100 kg feletti élősúly-kategóriákban, nagyobb N-retenciót eredményez.

Irodalomjegyzék

1. AARNINK, A.J.A., M.W.A., VERSTEGEN (2007): Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science*, 109 194–203
2. BAT (2015): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs; European Commission, GG_KG/EIPPCB/IRPP_Final_Draft August 2015
3. BITTMAN, S. M., DEDINA C. M., HOWARD O., OENEMA M. A., SUTTON (2014): Options for Ammonia Mitigation Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen. CEH
4. BOISEN, S., J. A. FERNANDEZ, A. MADSEN (1991): Studies on ideal protein requirement of pigs from 20 to 95 kg live weight; P. 299 in Proc. 6th Int. Symp. Protein Metab. Nutr., Herning, Denmark
5. CANH, T.T., A.J.A. AARNINK,, Z. MROZ, W. JONGBLOED, J.W. SCHRAMA, M.W.A.VERSTEGEN (1998a): Influence of electrolyte balance and acidifying calcium salts in the diet of growing finishing pigs on urinary pH, slurry pH, and ammonia volatilisation from slurry. *Livestock Production Science*. 56. 1-13.
6. CANH, T.T., AARNINK, A.J.A., SCHUTTE, J.B., SUTTON, A.L., LANGHOUT, D.J., VERSTEGEN, M.W.A., SCHRAMA, J.W. (1998b): Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing, finishing pigs; *Livestock Production Science* 56, 181–191
7. CARPENTER, D. A.; O'MARA, F. P. AND O'DOHERTY, J. V. (2004): The effect of dietary crude protein concentration on growth performance, carcass composition and nitrogen excretion in entire grower-finisher pigs; *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 43:227-236
8. CARTER S.D., HJ. KIM (2013): Technologies to reduce environmental impact of animal wastes associated with feeding for maximum productivity; *Animal Frontiers* Vol. 3, No. 3, 42-47
9. DÄMMGEN U., A. BERK, C. OTTEN, W. BRADE, N. J. HUTCHINGS, H-D. HAENEL, C. RÖSEMANN, S. DÄNICKE, M. SCHWERIN (2013): Anticipated changes in the emissions of greenhouse gases and ammonia from pork production due to shifts from fattening of barrows towards fattening of boars; *Landbauforschung Volkenrode* 63(1):47-60

10. DOURMAD, J.Y., HENRY, Y., BOURDON, D., QUINIOU, N., GUILLOU, D. (1993): Effect of growth potential and dietary protein input on growth performance, carcass characteristics and nitrogen output in growing-finishing pigs; Proceedings Congress on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Wageningen 8–11 June, pp. 206–211
11. DUBLECZ K. (szerk.) (2011): Takarmányozástan; Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt;
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_13_Takarmanyozastan/adatok.html; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: sertéstakarmányozás lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
12. FIGUEROA J. L., A. J. LEWIS, P. S. MILLER (2000): Nitrogen balance and growth trials with pigs fed low-crude protein, amino acid-supplemented diets; Nebraska Swine Report
13. FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet megbízásából (2008): Az állattartás környezeti hatásai, helyzete és viszonya a hazai és EU szabályozáshoz. Szerződésszám: VKSZI/188/2008, GreenCapital-4/2008.
http://www.greenflow.hu/wp-content/uploads/2012/03/FVM_GREEN_%C3%A1llattart%C3%A1s-kv-i-hat%C3%A1sai.pdf; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: állattenyésztés környezeti hatása, lekérdezés időpontja: 2016.09.05.
14. GATEL F. ÉS F. GROSJEAN (1992): Effect of protein content of the diet on nitrogen excretion by pigs; *Livestock Production Science*, 31 (1992) 109-120 Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam
15. GAY, S. W. (2008): Ammonia Emissions and Animal Agriculture; Virginia Cooperative Extension
16. HAN, I. K., J. H. LEE (2000): The role of synthetic amino acids in monogastric animal production; *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 13 (4):543-560.
17. HUTCHINGS N., B. AMON, U. DÄMMGEN, J. WEBB (2015): EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update July 2015 – Manure Management
18. KERR, B. J. (2003): Dietary manipulation to reduce environmental impact. In: 9th International Symposium on Digestive Physiology in Pigs, May 14–17, 2003, Banff, Alberta, Canada. p. 139–158

19. KERR, B. J.; YEN, J. T.; NIENABER, J. A. AND EASTER, R. A. (2003): Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environmental temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs; *Journal of Animal Science* 81:1998-2007
20. KOCH F. (1990): Amino acid formulation to improve carcass quality and limit nitrogen load in waste; Proc. Carolina Swine Nutr. Conf., p 76-95., Carolina feed Ind. Assoc., Raleigh, NC
21. LENIS, N.P., SCHUTTE, J.B. (1990): Aminozuurvoorziening van biggen en vleesvarkens in relatie tot de stikstofuitscheiding; In: Jongbloed, A.W., Coppoolse, J. (Eds.), Mestproblematiek: aanpak via de voeding van varkens en pluimvee. Onderzoek inzake de mest en ammoniakproblematiek in de veehouderij, vol. 4. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen
22. LI Q.-F., N. TROTTIER, W. POWERS (2015): Feeding reduced crude protein diets with crystalline amino acids supplementation reduce air gas emissions from housing1; *J. Anim. Sci.* 2015.93:721–730, doi:10.2527/jas2014-7746
23. LOVAS, K. (2015): Mezőgazdasági kibocsátások a hivatalos leltárjelentésekben; Földművelésügyi Minisztérium, szakmai konzultáció, 2015. április 20.
24. LOW, A.G. (1985): Role of dietary fibre in pig diet; In: Haresign, W., Cole, D.J.A. (Eds.), Recent Advances in Animal Nutrition. Butterworths, London, UK, p. 87.
25. MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX, 2004
26. NATIONAL EMISSION CEILINGS (NEC) DIRECTIVE, (EU) 2016/2284 (2016)
27. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2012) Nutrient Requirements of Swine. 11th Edition, National Academies Press, Washington DC.
28. NIYAZOV N.S.- ÉS A., K.S. OSTRENKO (2020): Effect of low-protein diets on the nitrogen balance and productivity of pigs; *Journal of Livestock Science* 11: 106-109
29. NØRGAARD J.V., J.A. FERNÁNDEZ, J. ERIKSEN, O.H. OLSEN, D. CARLSON, H.D. POULSEN (2010): Urine acidification and mineral metabolism in growing pigs fed diets supplemented with dietary methionine and benzoic acid; *Livestock Science* 134, 113–115

30. O'CONNELL, J.M., CALLAN, J.J., O'DOHERTY, J.V. (2006): The effect of dietary crude protein level, cereal type and exogenous enzyme supplementation on nutrient digestibility, nitrogen excretion, faecal volatile fatty acid concentration and ammonia emissions from pigs; *Animal Feed Science and Technology* 127, 73–88.
31. O'SHEA, C.J., LYNCH, B., LYNCH, M.B., CALLAN, J.J., O'DOHERTY, J.V. (2009): Ammonia emissions and dry matter of separated pig manure fractions as affected by crude protein concentration and sugar beet pulp inclusion of finishing pig diets; *Agriculture, Ecosystems & Environment* 131, 154–160.
32. PHILIPPE, F.X., CABARAUX, J.-F., NICKS, B. (2011): Ammonia emissions from pig houses: influencing factors and mitigation techniques. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141, 245-260.
33. PHILIPPE F. X., M. LAITAT, J. WAVREILLE, B.AUDOUIN NICKS, J.-F. CABARAUX (2015): Effects of a high-fibre diet on ammonia and greenhouse gas emissions from gestating sows and fattening pigs; *Atmospheric Environment* 109, 197-204.
34. PORTEJOIE, S., DOURMAD, J.Y., MARTINEZ, J., LEBRETON, Y. (2004): Effect of lowering dietary crude protein on nitrogen excretion, manure composition and ammonia emission from fattening pigs; *Livestock Production Science* 91, 45–55
35. POWERS W. J., S. B. ZAMZOW, B. J. KERR (2007): Reduced crude protein effects on aerial emissions from swine; *Engineering in Agriculture* Vol. 23(4): 539-546 _ 2007 American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0883–8542 539
36. REGIUSNÉ MŐCSÉNYI Á. (1982): Az anyagforgalmi kísérletek tervezése és lebonyolítása. p. 307-336. In: CZAKÓ J. (Szerk.): *Állattenyésztési kísérletek tervezése és értékelése*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 545 p.
37. SCHUTTE, J. B., J. DE JONG, G. J. M. VAN KEMPEN (1993): Dietary protein is relation to requirement and pollution in pigs during the body weight range of 20-40kg; p: 259-263 in Nitrogen flow in pig production and environmental consequences – M. W. A Verstegen, L. A. den Hartog, G. J. M. van Kempen, J. H. M. Metz, ed. Pudoc Scienfitic Publishers, Wageningen, The Netherlands

38. SZABÓ CS., HALAS V. (2011): A takarmányértékelés alapjai, Oktatási segédlet az Állattenyésztő mérnöki, valamint a Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki (MSc) mesterszak hallgatói számára;
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_sertestakarmanyozas/adatok.html; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: precíziós sertéstakarmányozás, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
39. VAN DER PEET-SCHWERING, C., M. VOERMANS (1996): Effects of feeding and housing on the ammonia emission of growing and finishing pig facilities; *Rep. Exp. Pig Stn., Rosmalen, The Netherlands* 10:17-19
40. WANG Y., J. ZHOU, G. WANG, S. CAI, X. ZENG, S. QIAO (2018): Advances in low-protein diets for swine; *Journal of Animal Science and Biotechnology* 9:60
41. ZHAO Y., G. TIAN, D. CHEN, P. ZHENG, J. YU, J. HE, X. MAO, B. YU (2019): Effects of varying levels of dietary protein and net energy on growth performance, nitrogen balance and faecal characteristics of growing, finishing pigs; *Brazilian Journal of Animal Science - R. Bras. Zootec.*, 48: e20180021

6. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Lektorált szócikk idegen nyelven:

Geicsnek-Koltay I. A., Benedek Zs., Baranyai N. Hegedűsné, Such N., Pál L., Wágner L., Bartos Á., Kovács Á., Poór Judit, Dublec K. (2022): Impacts of Age, Genotype and Feeding Low-Protein Diets on the N-Balance Parameters of Fattening Pigs. Agriculture, 12: 1. 94. pp 15.

Lektorált szócikk magyar nyelven:

Dublec K., Koltay I., Such N., Dublec F., Husvéth F., Wágner L., Péterné Farkas E., Márton A., Farkas V., Pál L. (2018): Lehetőségek a takarmányok nyersfehérje tartalmának csökkentésére monogasztrikus állatokban (Recent development on feeding low protein diets in monogastric animals), Állattenyésztés és Takarmányozás, 67.4 273-286.

Egyéb lektorált tudományos közlemény:

Geicsnek-Koltay I. A., Zs. Benedek, N. Baranyai, L. Farkas, I. László, N. A. Such, L. Wágner, K. Dublec (2022): Effect of multiphase feeding on the production traits and nitrogen flow parameters of growing pigs. Ifjúság a tudományért Tanulmánykötet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus Keszthely, 143-148 ISBN: 978-615-6338-06-8

Geicsnek-Koltay I. A., Benedek Zs., Hegedűsné Baranyai N., Wágner L., Such N. A., Dublec K. (2022): A hazai sertésenyésztés takarmányozási aspektusai az ammónia emisszió tükrében. Ifjúság a tudományért Tanulmánykötet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus Keszthely, 154-158 ISBN: 978-615-6338-06-8

Geicsnek-Koltay I. A., Benedek Zs., Husvéth F., Farkas E., Such N. A., Dublec K. (2022): Az intenzív sertésstartás környezeti hatásai. Ifjúság a

tudományért Tanulmánykötet, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Georgikon Campus Keszthely, 197-202 ISBN: 978-615-6338-06-8

Konferenciakiadvány:

Koltay I. A., Benedek Zs., Hegedűsné Baranyai N., Such N. A., Farkas L., Nagy J., Szűcs K., Pál L., Wágner L., Dublec K. (2018): Csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatása sertések ammónia-emissziójára, Tavaszi Szél Konferencia, absztraktkötet 66.o. 2018. május 4-6. Győr ISBN:978-615-5586-26-2

Koltay I. A., Benedek Zs., Hegedűsné Baranyai N., Such N., Wágner L., Dublec K. (2018): A hazai sertésenyésztés az ammónia emisszió tükrében; Fókuszban a takarmányozás, XXIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2018. május 24. Keszthely,

Koltay I. A.; Zs. Benedek; N. Hegedűsné Baranyai; Á. Kovács; S. Valásek; N. Such; V. Farkas; N. Török; L. Farkas; L. Wágner; K. Dublec (2019): The effects of genotype and age on the nitrogen excretion of young pigs. 18. BOKU-Symposium Animal Nutrition, Wien, 30. April, konF.iakötet 202-205

Koltay I. A., Benedek Zs., Husvéth F., Farkas E., Such N. A., Dublec K. (2019): Az intenzív sertéstartás környezeti hatásai. XXV. Ifjúsági Tudományos Fórum, május 23. Keszthely

Dublec K., Husvéth F., Márton A., Koltay I., Such N., M. A. Rawash, Mezőlaki Á., Pál L., Molnár A. (2019): Feeding low protein poultry and pigs diets- physiological, economic, and environmental aspects. International Symposium on Animal Science (ISAS). 20-29 ISBN: 978-86-7520-468-8

Koltay I. A. (2019): The effects of age and genotype on the nitrogen balance of fattening pigs; Proceedings conference of agronomy students with international participation, Čačak, Serbia; 14-16 august 2019.; ISSN 2334-9883; 373-380

Koltay, I. A.; Zs. Benedek; N. Hegedűsné Baranyai; L. Farkas; Ivett L.; N. Török; N. A. Such; L. Wágner; K. Dublec (2020): Effect of multiphase feeding on the production traits and nitrogen flow parameters of growing pigs. XXVI. Ifjúsági Tudományos Fórum, május 21. Keszthely. Konferencia iakiadvány 1-7. o. ISBN 978-963-396-143-8

Konferencia részvétel poszterrel:

I. A. Koltay; Zs. Benedek; N. Hegedűsné Baranyai; Á. Kovács; S. Valásek; N. Such; V. Farkas; N. Török; L. Farkas; L. Wágner; K. Dublec (2019): The effects of genotype and age on the nitrogen excretion of young pigs. 18. BOKU-Symposium Animal Nutrition, Wien, 30. April

Előadás magyar nyelven:

Koltay I. A., Benedek Zs., Hegedűsné Baranyai N., Such N. A., Farkas L., Nagy J., Szűcs K., Pál L., Wágner L., Dublec K. (2018): Csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatása sertések ammónia-emissziójára, Tavaszi Szél Konferencia, 2018. május 4-6. Győr

Koltay I. A., Benedek Zs., Hegedűsné Baranyai N., Such N., Wágner L., Dublec K. (2018): A hazai sertésenyésztés az ammónia emisszió tükrében; Fókuszban a takarmányozás, XXIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2018. május 24. Keszthely

Koltay I. A., Benedek Zs., Husvéth F., Farkas E., Such N. A., Dublec K. (2019): Az intenzív sertéstartás környezeti hatásai. XXV. Ifjúsági Tudományos Fórum, május 23. Keszthely

Koltay I. A. (2020): Ammónia emisszió a sertéstenyésztésben; SÜN (Sertés Ünnep) Konferencia 2020. február 19-21. Keszthely

Előadás angol nyelven:

Koltay I. A. (2019): The effects of age and genotype on the nitrogen balance of fattening pigs; Proceedings conference of agronomy students with international participation, 14-16. August, Cacak, Serbia.

Egyéb:

Dublec K., Husvéth F., Wágner L., Dublec F., Hegyi O., Márton A., Bartos Á., Farkas V., Koltay I., Pál L. (2017): A fehérjetakarmányozás hatékonysága. Magyar Mezőgazdaság, 72. évfolyam, 2017. október 11., 28-31.

Kutatási jelentések az Agrárminisztérium részére:

Szerzők: Hegedűsné Dr. Baranyai N., Dr. Dublec K., Benedek Zs., Koltay I. A.:

- „Sertéságazati kutatási feladatok elvégzése 2016-17.”
- „Sertéságazati kutatási feladatok 2017-18. A sertéságazatot érintő agrár-környezetvédelmi indikátorok meghatározása és tápanyag-hasznosítási kísérletek végzése 2017-2018”
- „A sertéságazatot érintő agrár-környezetvédelmi indikátorok meghatározása és tápanyag-hasznosítási kísérlet végzése 2018-2019”
- „Sertéságazati kutatási feladatok 2019 A sertéságazatot érintő agrár-környezetvédelmi indikátorok meghatározása.”