



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
GEORGIKON CAMPUS

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

DOI: 10.54598/003100

Geicsnek-Koltay Ilona Anna

Keszthely
2022

A doktori iskola

megnevezése: Festetics Doktori Iskola

tudományága: Állattenyésztési tudományok

vezetője: Dr. habil. Anda Angéla

egyetemi tanár, DSc

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus,
Környezettudományi Intézet, Környezeti Fenntarthatóság Tanszék,
Agrometeorológia Csoport

Témavezető: Dr. Dubleczy Károly

egyetemi tanár, CSc

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

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

„A Földet nem apáinktól örököltük, hanem unokáinktól kaptuk kölcsön.”

David Brower

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	6
2. CÉLKITŰZÉS	8
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
3.1. Az ammóniaemisszió jelentősége	9
3.2. Az állattenyésztésből származó ammónia keletkezése és hatásai	13
3.3. A sertések fehérjeforgalma és az azt befolyásoló főbb tényezők	16
3.3.1. A sertések nitrogénforgalma	16
3.3.2. A N-ürítést befolyásoló főbb tényezők	18
3.4. Takarmányozási lehetőségek a sertések ammóniaemissziójának csökkentésére	23
3.5. A hazai ammóniaemissziós leltár rövid ismertetése	28
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	30
4.1. Csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatása különböző genotípusú és korú hízósertések N-forgalmára (1. kísérlet)	30
4.1.1. Állatok és elhelyezésük	30
4.1.2. Kísérleti kezelések, vizsgálatok	30
4.1.3. Kémiai vizsgálatok, elemzések, számítások	35
4.1.4. A statisztikai értékelés módszere	37
4.2. Különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak hatása hízósertések N-forgalmára (2. kísérlet)	39
4.2.1. Állatok és elhelyezésük	39
4.2.2. Kísérleti kezelések, vizsgálatok	39
4.2.3. Kémiai vizsgálatok, elemzések, számítások	41
4.2.4. A statisztikai értékelés módszere	41
4.3. A hizlalási fázisok számának hatása a sertések termelési paramétereire és N-forgalmára (3. kísérlet)	42
4.3.1. Állatok és elhelyezésük	42
4.3.2. Kísérleti kezelések, vizsgálatok	42
4.3.3. Kémiai vizsgálatok, elemzések, számítások	44
4.3.4. A statisztikai értékelés módszere	44
4.4. Engedélyek	44
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	45
5.1. Csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatása különböző genotípusú és korú hízósertések N-forgalmi paramétereire (1. kísérlet)	45
5.1.1. A „B” genotípusú sertésekkel végzett nitrogénforgalmi vizsgálatok eredményei	45

5.1.2. Az „A” genotípusú sertésekkel végzett nitrogénforgalmi vizsgálatok eredményei	51
5.1.3. Az 1. kísérlet eredményeinek háromtényezős értékelése	58
5.2. Különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak hatása a hízósertések N-forgalmi paramétereire (2. kísérlet).....	64
5.3. Több fázisos takarmányozás hatása hízósertések termelési paramétereire és N-forgalmi mutatóra (3. kísérlet).....	68
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	72
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	74
8. ÖSSZEFOGLALÁS	75
9. SUMMARY.....	77
10. MELLÉKLETEK.....	79
1. Melléklet - Irodalomjegyzék.....	79
2. Melléklet – A használt premixek pontos összetétele.....	94
3. Melléklet – Anyagcsereketrecek leírása	96
4. Melléklet – Számolótábla.....	98
5. Melléklet – 1. kísérlet hatásnagyság vizsgálati eredményeinek SPSS output-jai.....	99
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	101

1. BEVEZETÉS

Az állattartó telepek számos káros környezeti hatás potenciális forrásai. Az állati termék-előállításal kapcsolatos környezetvédelmi szabályozásokat az Európai Unió alkotta. Ezek a kormányokon átívelő klímaváltozási fórum (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) irányelve, a nitrát direktíva és a nemzeti kibocsátás határértékeit rögzítő ún. NEC (National Emissions Ceilings) irányelv. Ezeknek az irányelveknek a legfőbb célja a levegő, a talaj és a víz védelme, a szennyezés arányának csökkentése.

Gazdasági állataink az elfogyasztott takarmány táplálóanyagainak egy részét hasznosítják, a felesleget pedig ürítik, aminek következményeként tápanyagokban gazdag trágya keletkezik. Az állatok nitrogén ürítése fontos része a N-ciklusnak, a túlzott nitrogénterhelés azonban környezeti problémákat okozhat.

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 direktívák az ammónia kibocsájtására vonatkozóan folyamatosan szigorodnak. Hazánknak 2030-ra 32%-os csökkentést kell elérnie ezen a területen, a 2005-ös bázisévhez képest (NEC 2016).

A Georgikon Campuson több éve folyó átfogó kutatást végzünk a sertéstartással összefüggő ammónia emisszió csökkentése érdekében. Cél az integrált szemléletmódnak megfelelően, hogy az állat minél kevesebb N-t ürítsen, és az ürített mennyiség a szántóföldekre juttatva ne illanjon, vagy ne szivároгjon el, mint szennyezőanyag, hanem a növények számára felvehető, hasznosítható legyen.

Ammónia-kibocsátás az állattenyésztés több szintjén jelentkezik, amely során a veszteségek jelentősen eltérőek lehetnek. Ebből következően több ponton lehet beavatkozni annak érdekében, hogy csökkentsük az ammónia-kibocsátást az állattenyésztés vonatkozásában. Alapvetően két különböző beavatkozási stratégiát lehet elkülöníteni. Az első stratégia a takarmányozással összefüggő, amikor a fehérjebevitel csökkentésével az állatok N-ürítését mérsékeljük (GAY 2008). A második stratégia a trágya utólagos kezelésével összefüggő, ammónia-kibocsátást csökkentő lehetőségeket jelent. PhD kutatásaimban az első stratégiában rejlő lehetőségeket vizsgáltam.

Az állatok N-ürítésének csökkentésére számos takarmányozási lehetőség áll rendelkezésre. Az ammóniaemissziót befolyásoló legfontosabb takarmányozási lehetőségek a vizelettel ürített N arányának csökkentése, a tápok nyersfehérje-tartalmának csökkentése megfelelő aminosav-kiegészítéssel, több takarmányozási fázis használata, továbbá a vizelet és a bélsár pH-jának csökkentése. Doktori munkám során ezeknek a takarmányozási lehetőségeknek és kombinációiknak a hatékonyságát vizsgáltam hízó sertések esetében.

Kutatásaim során a takarmányozással összefüggő ammóniaemisszió csökkentési lehetőségek hatékonyság vizsgálatán túl, arra is választ kerestem, hogy vajon a különböző genotípusok és korcsoportok milyen hatással vannak az állatok N ürítési értékeire. A hazai ammóniaemissziós leltárkészítés során jelenleg ugyanis nem teszünk különbséget az eltérő genotípusú állatok között. A hízók esetében pedig, csupán két súlykategóriát különböztetünk meg, mely nincs összhangban a hazai takarmányozási gyakorlattal.

2. CÉLKITŰZÉS

A kisebb nyersfehérje-tartalmú tápok ammóniaemisszióra gyakorolt kedvező hatásáról ugyan számos publikáció beszámol, de több kérdés még megválaszolatlan. Ilyen például, hogy a különböző korcsoportok és genotípusok esetében az etetett fehérje mennyisége miként befolyásolja a N- és az összes ammónia-N (TAN) ürítést. Kutatásunkban ehhez a hazai gyakorlat szerinti hízó súlykategóriákat, illetve az A- és B genotípust leggyakrabban képviselő fajtákat alkalmaztuk kontroll, 1,5%-kal és 3%-kal csökkentett nyersfehérje-tartalmú, aminosavakkal komplettált tápokot etetve. A két fehérjecsökkentési szint használata lehetővé tette a fehérjecsökkentés és az ürített N közötti összefüggésvizsgálatok elvégzését.

További vizsgálatunkban is kisebb nyersfehérje-tartalmú táp hatását elemeztük más takarmányozási tényezőket is bevonva. Így három takarmányozási tényezőt (fehérjecsökkentés, nagyobb fermentálható rostarány, benzoésav-kiegészítés) és azok kombinációját alkalmaztuk. Arra kerestük a választ, hogy ezek a gyakorlati körülmények között is megvalósítható kezelések hogyan befolyásolják a N-ürítést és azon belül az ammóniaemisszió nagyobb részéért felelős vizelettel távozó N mennyiségét. A leltárkészítés során az egyes ammónia emissziót csökkentő módosító faktorok létrehozásának feltétele, hogy ismerjük a csökkentés mértékét és a többfajta kezelés egyidejű alkalmazásakor azok kölcsönhatását. A kölcsönhatások tekintetében minimális a rendelkezésre álló tudományos eredmény.

Régóta ismert, hogy a környezetbe jutó káros anyagok mennyisége úgy is csökkenthető, ha a takarmánykeverékek fehérjetartalmát, az aminosavak mennyiségét, arányukat mindig az állatok aktuális igényéhez igazítjuk. Ezt szolgálja hízósertések esetében a többfázisos takarmányozás, amivel csökkenthető az ammóniaemisszió. PhD kutatásaim utolsó vizsgálatában arra voltunk kíváncsiak, hogy a hazai gyakorlatban alkalmazott 4 takarmányozási fázis, 6-ra való növelése befolyásolja-e a termelési eredményeket és milyen mértékben csökkenti az állatok becsült N-ürítését.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Az ammóniaemisszió jelentősége

A globális környezeti problémák napjainkban egyre égetőbb kérdéssé válnak. Lassan minden nap halljuk a hírekben az újabb és újabb erdőtüzek kialakulását, árvizek pusztítását, jéghegyek olvadását és így tovább. Ezek hazánktól távol történnek, de nem szabad elfelejtenünk, hogy ránk is ugyanúgy hatnak. Lehet, hogy el sem tudjuk képzelni, mit von maga után, ha bolygónk klímája 2-4 fokkal melegebb lesz, pedig tudósok ezt prognosztizálják 2060-ra és az évszázad végére (EURÓPA TANÁCS s.a.). Napjainkban egyre általánosabban elfogadott az a tény: ha nem teszünk sürgősen határozott lépéseket és nem törekszünk a rendszerszintű átalakításokra, kifutunk az időből. A láthatatlan, vagy lassan kialakuló katasztrófák felismerése és kezelése azonban nehéz feladat. Ilyen nehezen megfogható probléma a különböző szennyezések kérdése. A levegőt például Európa legtöbb részén nem érezzük szennyezettnek, mégis a rossz levegőminőség okozza évente közel félmillió európai ember korai halálát (EEA 2020a).

Egyes becslések szerint az agrártermelés az összes üvegházhatású gáz kibocsátásának mintegy 12,5%-áért felelős, amit döntően a metán és a nitrogéntartalmú gázok idéznek elő. A globális felmelegedésért felelőssé tehető gázok közül ugyan a szén-dioxid van jelen a legnagyobb mennyiségben a légkörben, viszont a metán és a dinitrogén-oxid üvegházhatása többszöröse a szén-dioxidénak (BABINSZKY és HALAS 2019). Az ammóniaemisszió esetében átlagosan 90%-ot tesz ki a mezőgazdasági eredetű hányad (AMANN 2017, KUJÁNI et al. 2019). A mezőgazdaságon belül pedig az állattartó gazdaságok az ammónia fő kibocsátói. Szintén nagymértékben az állattenyésztés a felelős a felszíni vizek nitrogén és foszfor szennyezéséért, ami a nitrogén esetében 23–47%, a foszfor esetében pedig 17–26%-os arányt jelent. Az összes, európai vízi környezetben jelen lévő, mezőgazdasági eredetű nitrogén több mint 80%-a állattenyésztési tevékenységekhez köthető (PEYRAUD és MACLEOD 2020).

Szerencsére ezeket a problémákat a világ és az Európai Unió is egyre komolyabban veszi. Számos intézkedést hoztak és hoznak a kialakult helyzet orvoslására:

- Az Európai Tanács a 2030-ig tartó időszakra vonatkozóan, 2014. október 23–24-i következtetéseiben jóváhagyta azt a kötelező célkitűzést, mely szerint 2030-ig az 1990-es szinthez képest legalább 40 %-kal csökkenteni kell a légszennyező és üvegházhatású gázok kibocsátását az Unióban, és ezt a célkitűzést az Európai Tanács a 2016. március

17–18-i következtetéseiben ismételten megerősítette. Ezen csökkentési célok elérésében - a méltányosság és a szolidaritás szempontjainak figyelembevétele mellett - minden gazdasági ágazatnak és minden tagállamnak részt kell vennie (EU 2018/842 rendelet).

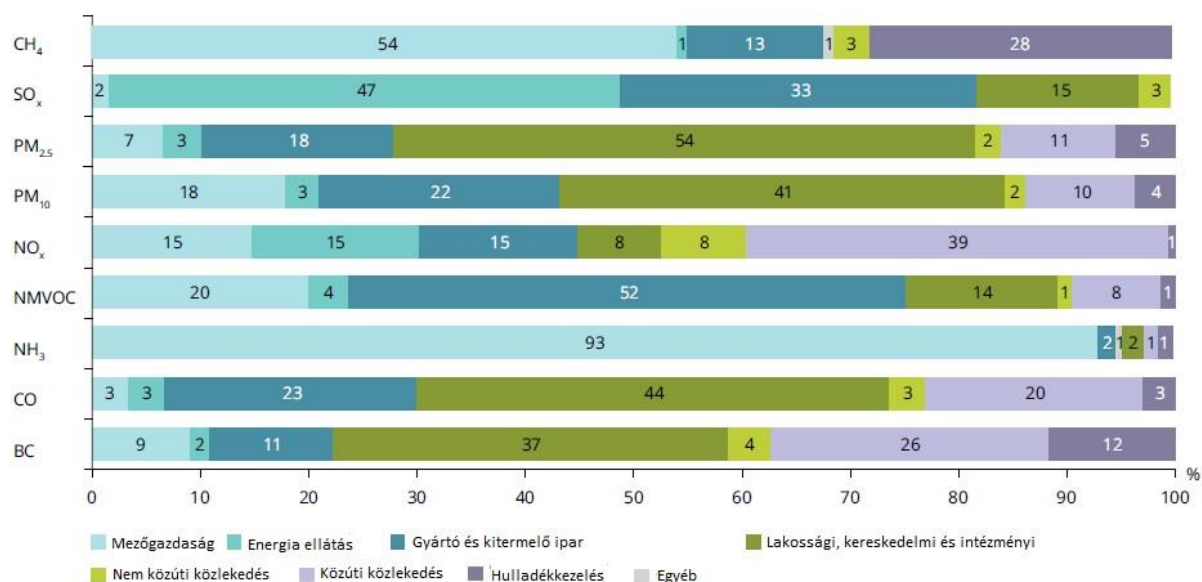
- 2018-ban elfogadták a 842. számú rendeletet, amely az Unió által az Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási Keretegyezménye (UNFCCC) keretében létrejött Párizsi Megállapodás alapján vállalt kötelezettségek teljesítésének részét képezi. A Párizsi Megállapodás 2016. november 4-én lépett hatályba és felváltja az 1997. évi Kiotói Jegyzőkönyvben meghatározott megközelítést, amelynek alkalmazása 2020-ban szűnt meg.
- Az Európai Parlament 2019-ben jóváhagyta az EU azon célkitűzését, hogy 2050-re elérje a zéró nettó üvegházhatású-gáz kibocsátást és ezzel a klímasemlegességet, továbbá megállapította, hogy éghajlati és környezeti vészhelyzet áll fenn. Emellett az Európai Parlament kérte a Bizottságot, hogy átfogóan értékelje valamennyi idevágó jogalkotási és költségvetési javaslat éghajlati, környezeti hatását. Továbbá biztosítani kell, hogy a javaslatok maradéktalanul összeegyeztethetőek legyenek a globális felmelegedés mértékének 1,5 °C alá való korlátozására irányuló célkitűzéssel, valamint ne járuljanak hozzá a biológiai sokféleség csökkenéséhez. Egyidejűleg felszólított a mezőgazdasági, kereskedelmi, közlekedési, energiaügyi és infrastrukturális beruházási politikák reformjára (EURÓPAI BIZOTTSÁG 2020, EEA 2019).
- Az első éghajlat-semleges kontinens törekvés, azaz „European Green Deal” keretében az EU gazdaságát fenntarthatóvá szeretnénk tenni. Ezt úgy lehet elérni, hogy az éghajlati és környezeti kihívásokat lehetőségekké alakítjuk (EUROPEAN COMMISSION 2021).

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2020-ban közzétett adatai szerint az Európai Unióban 2017 és 2018 között csökkent az öt legártalmasabb légszennyező-anyag kibocsátása, és ez a lassú javuló tendencia már 1990 óta megfigyelhető. 2017 és 2018 között a csökkenés mértéke a következőképpen alakult az EU egészére vonatkozóan.

- nitrogén-oxidok (NO_x) 4,1%
- nem metán illékony szerves vegyületek (NMVOC) 2,0%
- kén-oxidok (SO_x) 6,7%
- finom részecskék (PM_{2,5}) 3,8%
- szén-monoxid (CO) 4,3%
- ammónia (NH₃) 1,6%

Az egyes tagországok adatai között viszont nagy különbségek figyelhetők meg (EEA 2020b). 2000 óta a legnagyobb mértékben a SO_x-kibocsátás (79% az EU 28 tagországában és 62% az

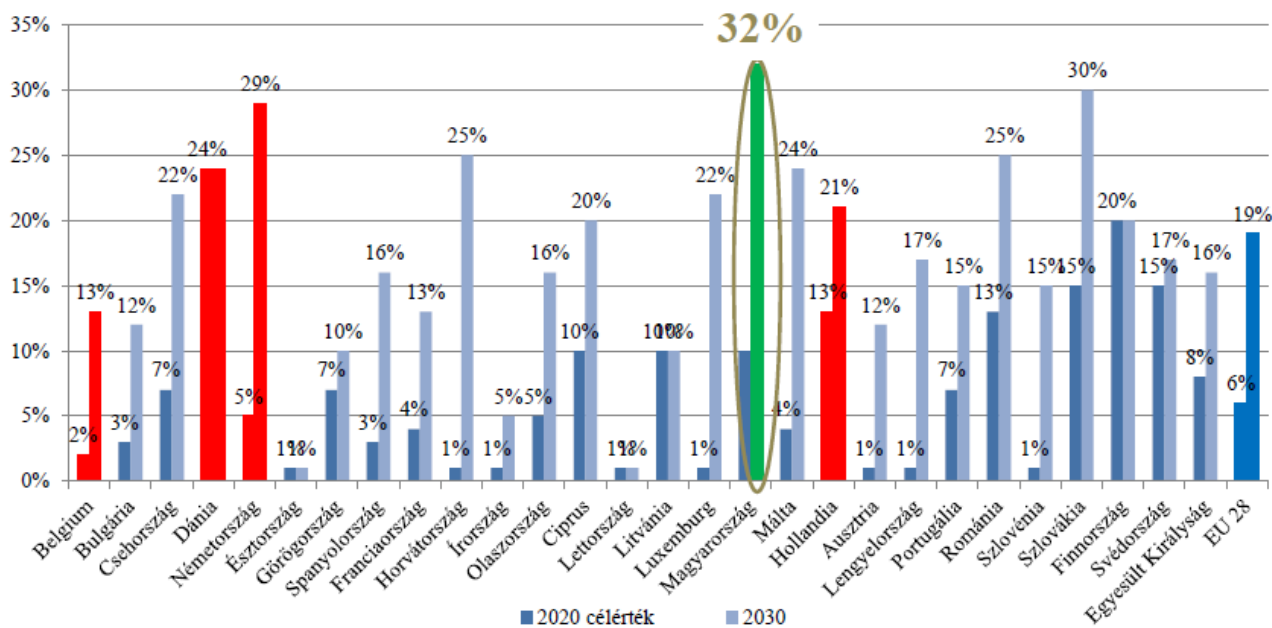
Európai Gazdasági Térség (EGT) 33 országában) csökkent. A legkisebb mértékben pedig az NH₃-kibocsátás (10% az EU-28-ban és 2% az EGT-33-ban). Sőt az NH₃-kibocsátás 2012, 2015 óta növekszik az EU-28, illetve az EGT-33 esetében is, főként a mezőgazdasági tevékenység miatt. Az EU teljes NH₃ kibocsátásának 93%-áért ugyanis a mezőgazdaság a felelős (1. ábra) (EEA 2020c)



1. ábra: A fő kibocsátó ágazatok hozzájárulása a különböző szennyezőanyagok emissziójához az EU-28 tagországok esetében 2018-ban (EEA 2020c)

Magyarországon a legfrissebb jelentések szerint az NH₃-emisszió 92,3%-áért felelős a mezőgazdaság, ezen belül a növénytermesztés 29,7%-ot, míg az állattenyésztés 70,3%-ot tesz ki, melyből a sertés ágazat 21%-ért felelős (EEA 2020d, LOVAS 2015). Hazánkban 1990-hez képest a mezőgazdaságból származó NH₃ 41,6%-kal csökkent 2018-ig. Ez a csökkenési érték 2012-ben 48,92% volt. 2012 után az ammóniaemisszió 2017-ig 7,4%-kal nőtt, azonban 1990-hez képest még így is 41,45%-os csökkenésről tudunk beszámolni 2017-ben. 2017 óta pedig újabb csökkenés figyelhető meg a kibocsátási értékek vizsgálatakor. A 2018-as NH₃ kibocsátásunk 12,8%-al volt a Göteborgi Jegyzőkönyvben meghatározott felső határ alatt (EEA 2020d).

Jelenleg hazánkban - a levegőtisztaság-védelmi csomag elemeként - az egyes légköri szennyezőanyagok nemzeti kibocsátásainak csökkentéséről szóló 2016/2284 irányelvben (NEC Irányelv) meghatározott értékek vannak érvényben. Ez az ammóniára vonatkozóan 2020-ig 10%-os, 2030-ig pedig 32%-os csökkentést jelent. A 2. ábrán jól látszik, hogy ez az érték mindkét év esetében az EU-s átlagnál nagyobb, sőt a 2030-as célértékek közül kiugró (NEC 2016). 2017-ben ezekhez a célértékekhez képest 8 és 30%-kal magasabb kibocsátást produkáltunk (AGRÁRMINISZTERIUM 2020).



2. ábra: Ammónia-kibocsátás csökkentési (NEC) célok 2020 és 2030-ra (KIJÁNI 2019)

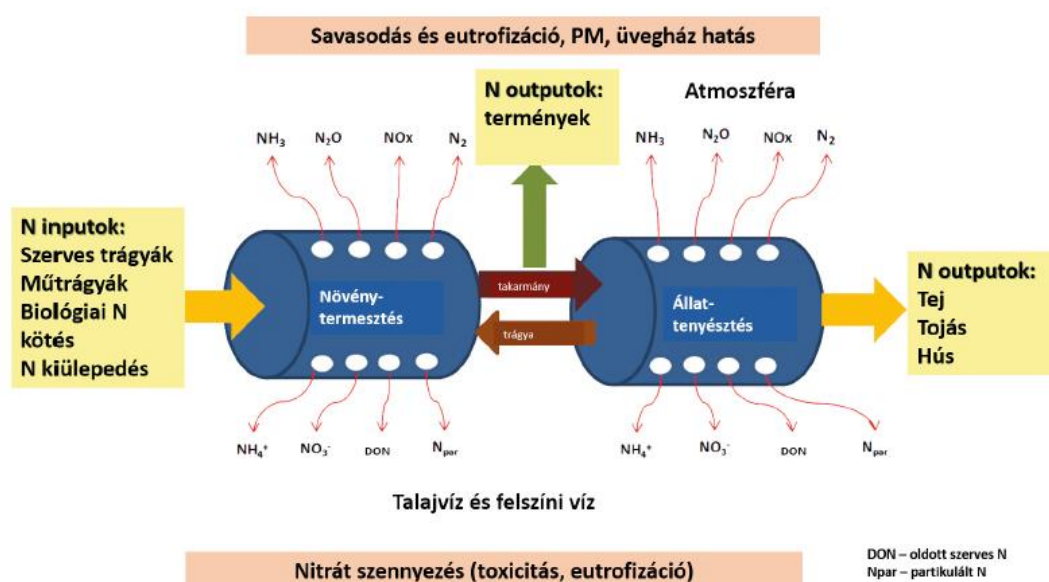
A kitűzött célok elérése érdekében hosszú távú fejlesztési stratégiák kidolgozására és az egyes ágazatok résztvevőinek, beruházóinak magatartás-változására van szükség. Mindehhez a teljes szakpolitikai spektrumra kiterjedő ösztönzők is kellenek. Ennek keretében a fenntartható és innovatív gyakorlatok és technológiák alkalmazását, fejlesztését kell támogatni. Növelni kell a fenntartható és innovatív gyakorlatok és technológiák kifejlesztéséhez biztosított kutatásfinanszírozást, illetve az ilyen gyakorlatok és technológiák terén megvalósuló beruházásokat (EU 2018/842 rendelet).

Az aktuális ammóniaemissziós helyzet felmérésére, a különböző emissziós leltárak nemzetspecifikus elkészítésének segítésére és technológiai fejlesztések megalapozására indult hazánkban - az állattenyésztési ágazaton belül - a „Sertéságazati kutatási feladatok elvégzése” című projekt 2014-ben. Ehhez a munkához csatlakozott a MATE Georgikon Campus, országos adatgyűjtésekkel és több állatkísérlet elvégzésével. Ezen kutatócsoport aktív tagjaként nyílt lehetőségem a dolgozatomban bemutatott kísérletek elvégzésére. Kísérleteink tervezésénél nagy szerepet játszott az a tény, hogy a Magyarországon általánosságban alkalmazott súlykategóriák és genetikák alkalmazásával beállított N-forgalmi vizsgálatokról nem volt tudomásunk. Továbbá a teljes sertéshízlalást felölelő, az „A” és „B” genotípusokat egyaránt vizsgáló ilyen jellegű kutatásokkal a nemzetközi szakirodalmakban sem találkoztunk. A különböző takarmánykiegészítők és azok kombinációinak alkalmazási hatékonyságáról pedig igencsak megoszlanak a vélemények. A takarmányozási fázisok számának növelésével kapcsolatban, pedig szintén nem találtunk olyan korábbi kísérleti beállításokat, melyek a jelenleg hazánkban leggyakrabban alkalmazott fázisszámhoz képesti növelés hatásait vizsgálta volna. Az előzőekből

kifolyólag reményeink szerint eredményeinkkel nagyban hozzájárulhatunk a sertéshízlalással összefüggésben keletkező N-emisszió országspecifikus adatainak bővítéséhez, a hazai leltárkészítés pontosításához.

3.2. Az állattenyésztésből származó ammónia keletkezése és hatásai

Az állattartási technológiák színvonala hazánkban nagyon változatos. Rossz körülmények között termelő gazdaságok éppúgy működnek, mint korszerű nagygazdaságok. Az egyes állattartási módszerek – elavult illetve korszerű technológiák - különféle módon és mértékben hatnak a környezetre. Az állattartó telepek számos káros környezeti hatás potenciális forrásai. Ezek között az egyik legfontosabb az állatok anyagcsere folyamataiban nem hasznosuló nitrogéntartalmú vegyületek ürítése és ezáltal, a felszín közeli vizek szennyeződése, továbbá a különböző káros hatású gázok (NH_3 , SO_2 , NO_x , N_2O) környezetbe jutása (3. ábra).



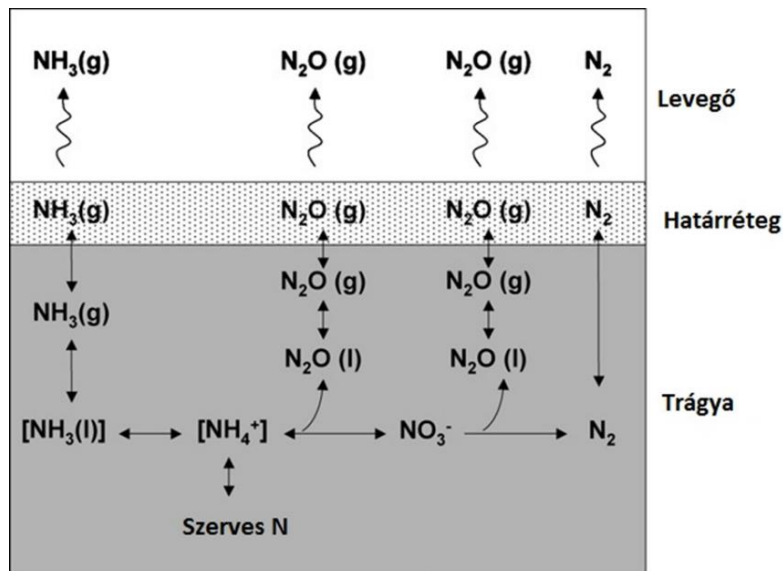
*PM (particulate matter): finomszemcsés anyag

3. ábra: Az egyes N-tartalmú vegyületek körforgalma a mezőgazdaságban Oenema et al. (2009) alapján (MAGYAR et al. 2019)

Egy nemzetközi tanulmány (NRC 2003) regionális, nemzeti és nemzetközi szinten is az ammónia-kibocsátást azonosította a levegőminőség-romlás legfontosabb tényezőjeként. A negatív hatások számtalanok. A légköri ammónia visszajutása a Föld felszínre a vizek eutrofizálódásához vezethet ott, ahol a foszfor-koncentráció elegendő ahhoz, hogy fokozza a káros alga-növekedést. A tápanyagok feldúsulása és az eutrofizáció számos vízi állatfaj pusztulását okozhatja. Alacsony pufferkapacitású talajon az ammónia-lerakódás talajsavanyodást és a bázikus kationok kimerülését idézi elő. Amellett, hogy hatással van a vizekre, növényekre és a talajrendszerekre, az ammónia reagál más vegyületekkel, és 2,5 mikronnál kisebb méretű légköri részecskéket, úgynevezett PM (particulate matter) 2,5 finomszemcsés anyagokat alkot.

Ezen anyagok - számos, a közelmúltban folyt közegészségügyi vizsgálat eredménye alapján - összefüggésbe hozhatók jelentős légzőszervi, szív- és érrendszeri megbetegedések kialakulásával. Mindezt súlyosbítja, hogy az elpárolgott ammónia többszáz mérföldre is eljuthat a származási helyétől (GAY 2008, BITTMAN et al. 2014, SANTONJA et al. 2017).

Az állattartás környezeti vonatkozásai döntően az állatok anyagcsere-folyamataihoz kapcsolódnak, melynek során az állat az elfogyasztott takarmány táplálóanyagainak egy részét hasznosítja, a felesleget pedig a bélsárral, illetve a vizelettel kiválasztja. A nitrogén anyagcsere végterméke az emlősállatok esetében a karbamid, a madaraknál pedig a húgysav, ami döntően a vizelettel ürül. Emellett a takarmányfehérjék emésztetlen része a bélsárral távozik. A vizelettel ürített, környezetbe jutó karbamidból, bakteriális lebontás eredményeképpen, gáz halmazállapotú ammónia (NH_3) és oldott ammóniumion (NH_4^+) képződik. Ez a folyamat az úgynevezett bakteriális ammonifikáció. A lebomlási folyamat azonnal megindul, amint a vizelet a bélsárban található baktériumokkal találkozik, ugyanis az ammonifikációt a baktériumok által szintetizált ureáz enzim katalizálja. A kiválasztott karbamid lebontása igen gyorsan, két-három órán belül végbemegy, sebessége hőmérséklet- és kémhatásfüggő. Az állatok által ürített $\text{NH}_4^+\text{-N}$ -t, $\text{NH}_3\text{-N}$ -t, karbamidot és húgysavat összes ammónia-nitrogénnek, a nemzetközi szakirodalomban „total ammoniacal nitrogen”-nek (TAN) nevezik (BITTMAN et al. 2014). A folyamat előrehaladtával a trágya egyre több gáz halmazállapotú ammóniát tartalmaz, amely egy idő után elkezd felszabadulni a trágya felszínén mindaddig, amíg a trágyafelszín és az azt határoló levegőréteg ammóniatartalma egyensúlyba nem kerül (GAY 2008, KUJÁNI et al. 2019). A trágyában előforduló nitrogéntranszformációk (4. ábra) közé tartozik a szerves N mineralizációja NH_3 -vá, szerves N-tartalmú vegyületekké történő átalakulása, a nitrifikáció során a nitritté, majd nitráttá történő átalakulás és végül a denitrifikáció dinitrogénné, melynek potenciális mellékterméke a dinitrogén-oxid (SOMMER et al. 2006, PHILIPPE et al. 2011, HUTCHINGS et al. 2015).



4. ábra: A trágyában végbemenő N transzformációs folyamatok és a N légkörbe jutása (g: gázhalmazállapot; l: folyékony-halmazállapot) (PHILIPPE et al. 2011)

Ezek a folyamatok a N-ciklus részei, elemei a természetes biológiai körforgásnak. A N-ciklus szorosan kapcsolódik a szén körforgásához és más tápanyagciklusokhoz. Ennélfogva a N ciklus módosulása befolyásolhatja a szén körforgását és a CO₂ légkörbe történő nettó felszabadulását, valamint a talajban a szén megkötését. Általában, ahol N-veszteségekkel, -kibocsátással jár a rendszer, ott szénemisszióval is kell számolni, és ez fordítva is igaz (BITTMAN et al. 2014). Éppen ezért, mint a legtöbb biológiai folyamat esetében, itt is nagyon fontos az egyensúly. Annyi és olyan formájú legyen a N kibocsátásának, keletkezésének mértéke, melyet a másik oldalon a növények felvehetnek, hasznosítani tudnak. Ha az egyensúly felborul, környezetkárosító hatással kell számolnunk. Mivel az állattartás egyre koncentráltabb módon működik, egyes telepeken jóval nagyobb a kibocsátás mértéke, mint amit a környezetük fel tudna venni. A nagylétszámú sertéstelepek - de szinte minden állattartó telep - esetében a trágyakezelés lényeges gondot okoz, és jelentős környezeti kockázatot jelent. Az elavult és nem megfelelő tartástechnológiai, trágyakezelési és trágyakijuttatási technológiák következtében ugyanis, a trágyával távozó N közel 50%-a nem hasznosul a mezőgazdaságban, hanem a környezetet terheli (BENEDEK et al. 2017).

Az állattenyésztés azonban nemcsak okozója, hanem elszenvedője is az ammóniémiszió káros hatásainak. Az ammónia ugyanis egy jól ismert csípős, szúrós szagú, kis koncentrációban (5–7 ppm) is irritatív hatású gáz. A rossz szellőztetésű istállókban mind a dolgozókra, mind az állatokra nézve komoly egészségkárosodással járó veszélyt hordoz magában. Irritálhatja az emberek és az állatok szemét, a légző- és emésztőszervek nyálkahártyáját, ornyálkahártya-degenerációt és légzési panaszokat okozhat. Ezeken túl káros hatása van a termelésre, az

állatjólétre, valamint vízben oldódva maró hatású folyadékot (ammónium-hidroxidot) képez, ami erősen korrodáló hatású lehet (BANHAZI et al. 2008, NOVOTNINÉ 2015, BABINSZKY és HALAS 2019, FERKET et al. 2002).

3.3. A sertések fehérjeforgalma és az azt befolyásoló főbb tényezők

Ammóniakibocsátás az állattenyésztés több szintjén történik, amely során a veszteségek jelentősen eltérőek lehetnek. Ez több lehetőséget is hordoz magában arra nézve, hogy milyen módszerekkel csökkenthetjük a kibocsátást. Alapvetően két különböző stratégiát lehet elkülöníteni. Az első stratégia a kisebb mértékű N-kiválasztást célozza, melynek során különböző takarmányozási módszerekkel a fokozható a N-retenció és így csökkenthető az összes N ürítés mértéke. A második stratégia a trágya utólagos kezelésével befolyásolja az ammóniakibocsátást (GAY 2008).

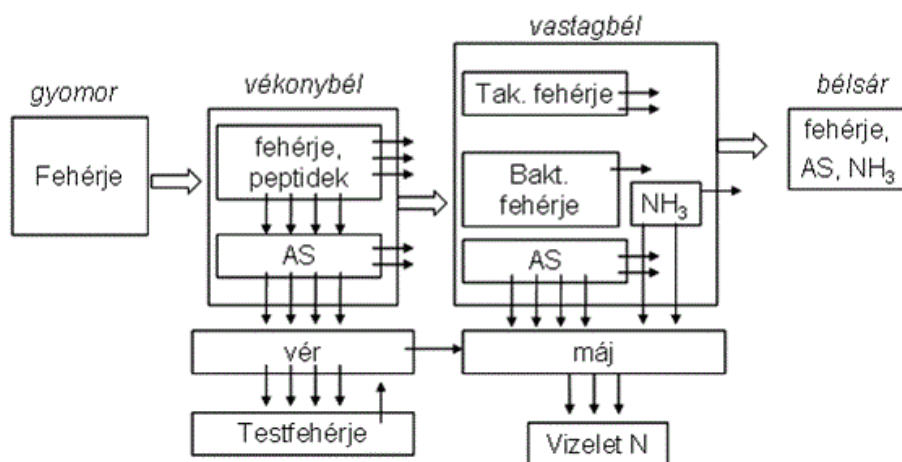
A továbbiakban a sertések N-forgalmát és az első stratégia elemeit szeretném röviden ismertetni.

3.3.1. A sertések nitrogénforgalma

Annak ellenére, hogy a sertések testének fehérjetartalma csupán 12-18% között változik, a beépült fehérje mennyisége nagyban befolyásolja az állatok gyarapodását. Egységnyi fehérje depozíciót ugyanis nagyjából 3,8-4,0 egység víz és 0,2 egység ásványianyag-beépülés követ (SZABÓ és HALAS 2011).

A felvett takarmányfehérje a gyomorban denaturálódik, majd az aromás aminosavakkal képzett peptidkötések helyén a pepszin hatására részlegesen bomlik. A vékonybélbe jutva a fehérjék, további enzimes hidrolízist követően, tri- és dipeptidekig, illetve aminosavakig bomlanak le. Az aminosavak nagy része a vékonybélben felszívódik, kisebb hányaduk továbbhalad a vastagbél felé. A vékonybélben felszívódott aminosavak a vérárammal eljutnak a sejtekig, ahol részt vehetnek a fehérjeszintézisben. A szintézisben minden aminosav részt vesz, de a különféle szövetekben arányuk különböző, adott szövetre jellemző, genetikailag meghatározott. Azt, hogy a vérben, illetve más szövetekben lévő aminosavak milyen mértékben tudnak beépülni az állati szervezetbe, több tényező is befolyásolja (kor, genotípus, ivar, fehérje minősége és mennyisége stb.) (BÁRDOS et al. 2007, SZABÓ és HALAS 2011). A felszívódó aminosavaknak minél jobban igazodniuk kell a szöveti szintézis igényeihez. A fehérjeszintézis határfoka ugyanis mindig a szükséglethez képest a legkisebb mennyiségben jelenlevő, limitáló aminosavtól függ. Ezt veszi figyelembe az ún. „ideális fehérje” elv, mely során olyan fehérjetakarmányozásról beszélünk, ahol a különböző aminosavak aránya megfelel a szöveti

fehérjeszintézis igényeinek. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a nyersfehérje igényen túl, megadjuk a tényleges lizinigényt, a többi esszenciális aminosav mennyiségét pedig annak százalékában határozzuk meg. Hízósertések esetében például, a napi legnagyobb súlygyarapodás elérése érdekében, az ileálisan emészthető lizinhez viszonyítva 59% metionin+cisztin-, 60% treonin- és 19% triptofán-szükséglettel kell számolni (DUBLECZ 2011). Azok az aminosavak, melyek nem vesznek részt a fehérjeszintézisben dezaminálódnak, szénláncuk energiaforrást jelent, az amino csoportjukból képződő ammóniából pedig a májban karbamid képződik, ami a vizelettel ürül. Azok a fehérjék, peptidek, aminosavak és egyéb N-tartalmú vegyületek, melyek a vastagbélbe jutnak, a bakteriális fehérjeszintézis N-forrását jelentik. A vastagbélben található mikroflóra nagy mennyiségű fehérjetömeget jelenthet a bélsárban, de ez a fehérje már nem értékesülhet. Az ammóniaemisszió szempontjából azonban ez a folyamat kedvezőbb, mivel lebomlása, ellentétben a vizelettel ürülő karbamiddal, lényegesen lassabb folyamat. Ahhoz ugyanis, hogy 18°C-on a szerves N 43%-a átalakuljon ammóniává, 70 napra van szükség (SPOELSTRA 1979). A vastagbélbe jutó szabad aminosavak egy része ugyan képes felszívódni a bélfalon keresztül, azonban ezek nem vesznek részt az állat fehérjeállításában, mert közvetlenül a májba jutnak és dezaminálódnak, majd a vizelettel kiürülnek a szervezetből (SZABÓ és HALAS 2011). Az előbbieken ismertetett folyamatokat mutatja be az 5. ábra.

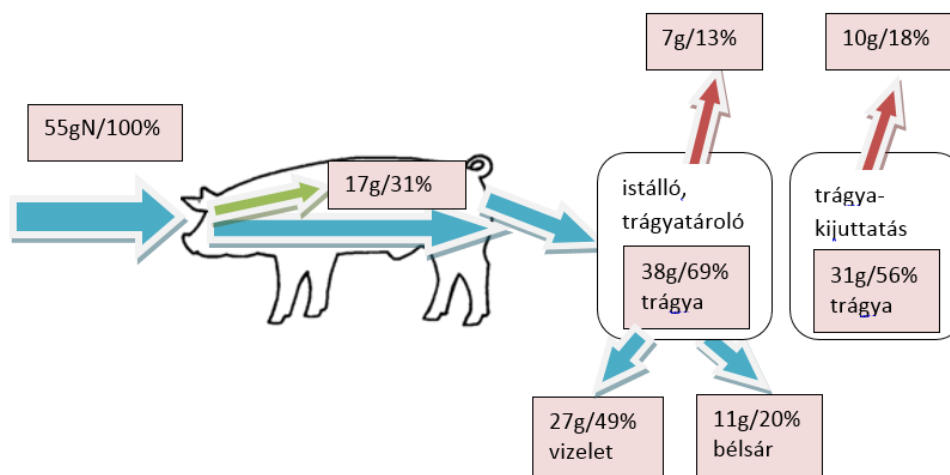


AS: aminosav; tak.fehérje: takarmányfehérje; bakt.fehérje: bakteriális fehérje

5. ábra: A takarmánnyal felvett fehérje sorsa a szervezetben (SZABÓ és HALAS 2011)

A N-ürítés mértékét az állatok emésztőképessége és a fehérjebeépítés hatékonysága határozza meg. Ebből a szempontból az egyes állatfajok, hasznosítási típusok és korcsoportok lényegesen különbözhetnek egymástól. Általánosan elfogadott becslések szerint, a sertéstartás során a nitrogénfelvétel, a hasznosulás, illetve a veszteség a következők szerint alakul: 31-45% az állat szövetébe épül, 49-51% vizelettel, 15-20% pedig bélsárral távozik (6. ábra) (BABCSÁNY et al. 2004, AARNINK és VERSTEGEN 2007, KUJÁNI et al. 2019). A vizelettel

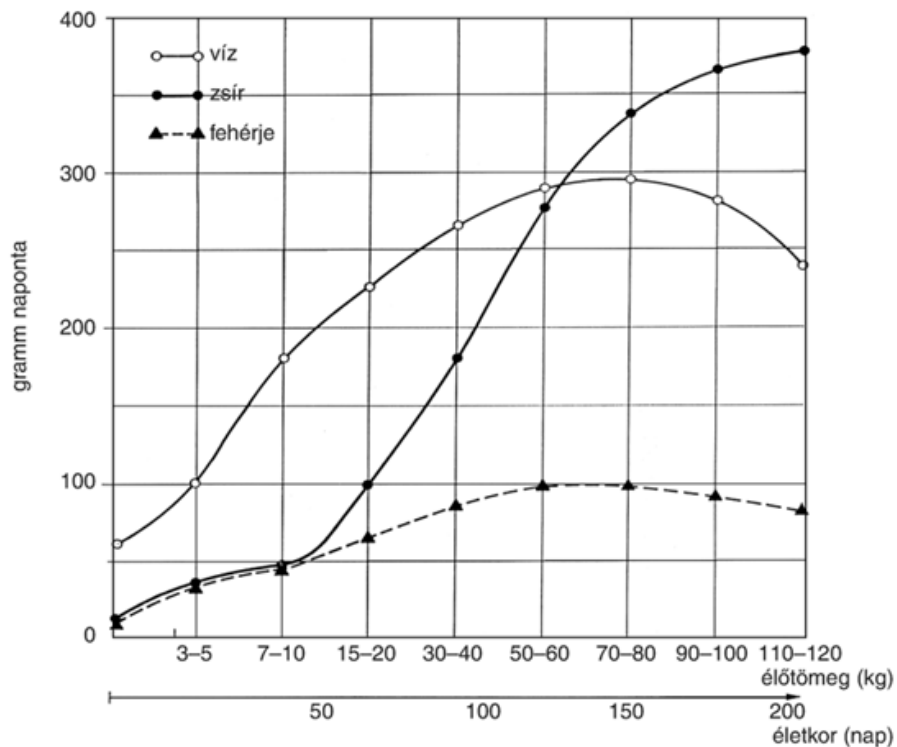
ürülő N 65-85%-a karbamid formájában van jelen (AARNINK et al. 1997). Ezzel szemben a bélsárban lévő nitrogén többsége lassabban bomlik le (VAN FAASSEN és VAN DIJK 1987), csupán egy kis része van jelen karbamid vagy NH_4^+ formájában (ETTALLA és KREULA 1979), így a belőle származó NH_3 -képződés kicsi. Éppen ezért a telepeken képződő TAN becslése a vizelet-N-tartalma alapján történik (HUTCHINGS et al. 2015).



6. ábra: Hízósertések jellemző N-forgalma és az NH_3 emisszió alakulása (AARNINK és VERSTEGEN 2007)

3.3.2. A N-ürítést befolyásoló főbb tényezők

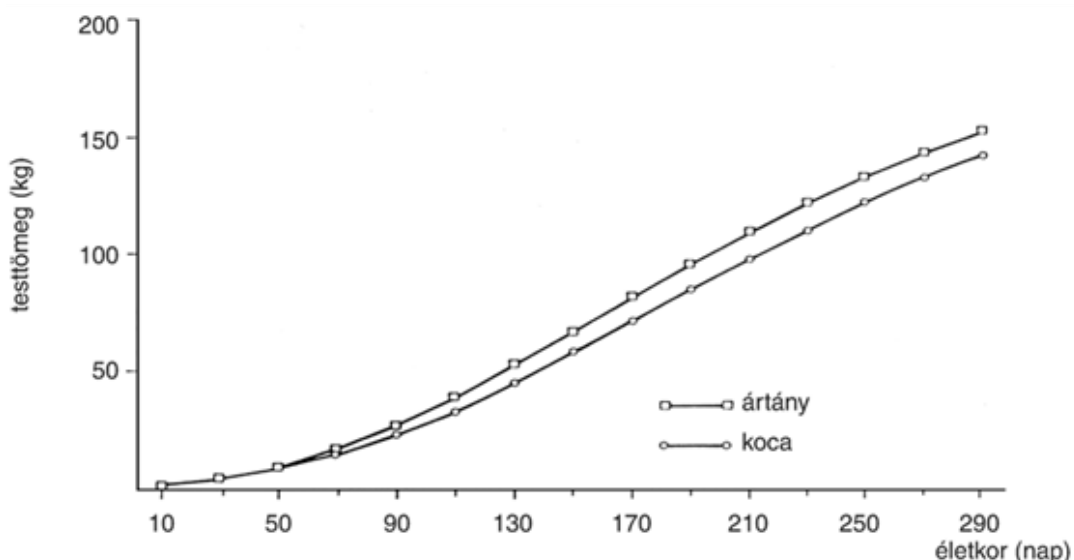
A víz, a fehérje, és a zsír beépítése a sertés szervezetébe nagyon eltérő ütemben zajlik, az életkortól és a testtömegtől függően (7. ábra). A fiatal, növekedésben lévő állatok fehérjeszintézise meghaladja a lebontás mértékét. Az életkor előrehaladtával azonban a fehérjeszintézis egyre kisebb mértékben múlja felül a lebontást, így a fehérjebeépülés hatékonysága folyamatosan romlik. Az egyes szövetek fehérje-metabolizmusában bekövetkező változások azonban nem egyformák. A legnagyobb változás a vázrendszer esetében mérhető. Az izmok fehérjeszintézise pedig csaknem harmadára csökken a választástól 50 kg-os korig (SZABÓ és HALAS 2011). Emiatt az ammónia-kibocsátás jelentősen összefügg a sertés életkorával. Ezt támasztja alá a NI és mtsai. (1999) által kidolgozott modell is. PHILIPPE és mtsai. (2007a) szerint az ammóniaemisszió ötszörösére nő a hizlalás kezdetétől a végéig. A napi átlagos növekedést 85 mg NH_3 /sertésre becsülik a hizlalási időszak alatt (AARNINK et al. 1995). Ennek oka a sertések növekedésével együtt járó megnövekedett takarmányfogyasztás és trágyatermelés. A takarmánnyal felvett N-hez viszonyított N-kiválasztás is széles skálán mozog, kortól és élettani állapottól függően. Malacok esetében 38%, hízók esetében 63% míg kocák esetében 75% ez az arány (SCHWERING et al. 1999).



7. ábra: A víz, a fehérje és a zsír napi beépülése a sertés szervezetébe, 1–220 napos kor között, 120 kg-os élőtömegig történő hizlalás során (HORN 2000)

Jelenleg elég kevés információ áll rendelkezésre a genotípus, a fajta és az ivar ammóniaemisszióra gyakorolt hatásáról. Ugyanakkor számos szerző kutatta, hogy az előbbieken felsorolt tényezők miként befolyásolják az állatok fehérjebeépítésének hatékonyságát. A jobb növekedési teljesítmény és a nagyobb fehérjebeépítés pedig összefüggésben áll a N- és NH₃-kibocsátás csökkenésével (PHILIPPE et al. 2011). A genotípus ammónia emissziójára gyakorolt hatását vizsgáló korábbi tanulmányról nem tudunk, sőt az egyéb tényezők hatását vizsgáló irodalmakban előfordul, hogy az állatok genetikai hátterére ki sem térnek. Ezért is hiánypótló az a kutatás melyet PhD munkám első kísérletében végeztünk el.

Az ivar hatása egyértelműen bizonyított a növekedési teljesítményre és a fehérjeretencióra. A kanok és ártányok növekedési képessége meghaladja az emsékét. A hím nemi hormonok ugyanis előnyösen hatnak a növekedésre és a vázizomzat arányára. Az anabolikus hatású androgének magas plazmakoncentrációja javítja a takarmányértékesülés hatékonyságát (TAUSON et al. 1998). A kanok növekedési intenzitása átlagosan 7–8,5%-kal nagyobb (HORN 2000). Ezt a fölényüket - bár kisebb mértékben - az ártányok is megtartják a kocasüldőkkel szemben (8. ábra) (CSATÓ 2000). A hím ivarú állatokban ennek következtében kisebb az összes ürített N-ből a vizelettel távozó N aránya (PHILIPPE et al. 2011).

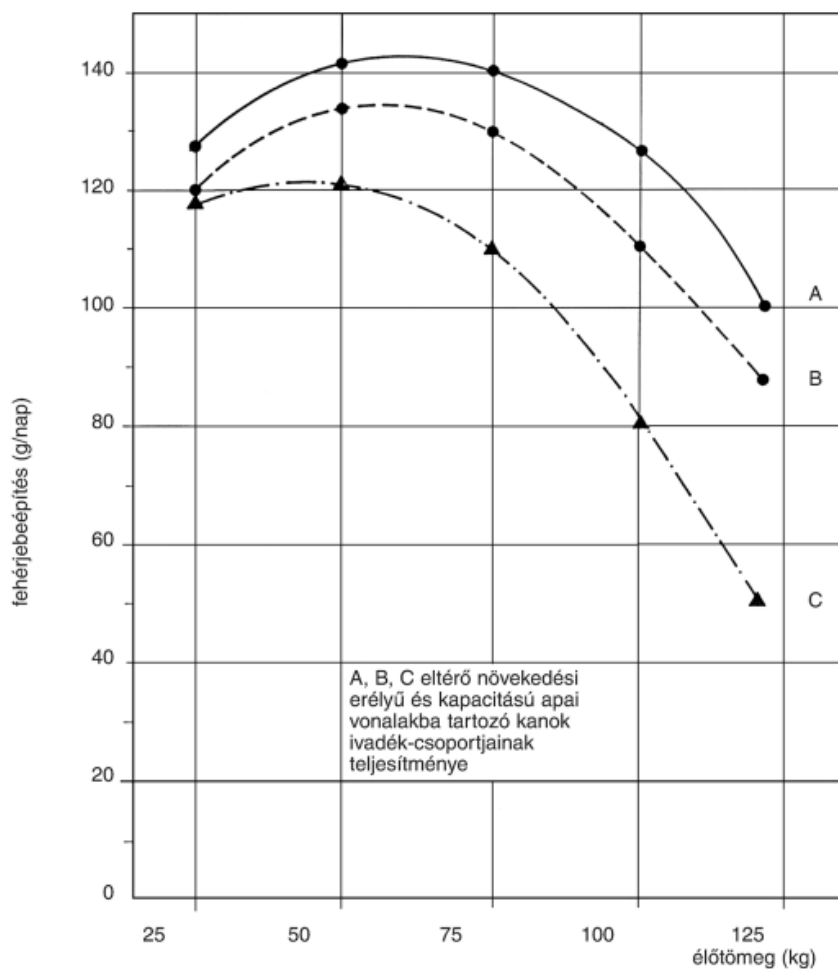


8. ábra: Az ivar hatása a hízók növekedési erélyére (CSATÓ 2000)

A nagy termelésre való szelekció, jelentős mértékben csökkentette az állattermék-előállítás környezeti lábnyomát. Az utóbbi húsz-harminc évben a gazdasági haszonállatok közül a legintenzívebb genetikai előrehaladást a sertéssel, valamint a brojlercsirkével, a pulykával és a pecsenyekacsával érték el. Az eltérő genotípusú állományok között azonban a növekedés intenzitásában és tartamában jól megfigyelhető különbségek vannak, melyek megszabják a populációk növekedési kapacitását (HORN 2000). A nagyobb gyarapodásra és húsformákra történő szelekció elsősorban a fehérjeszintézis növekedését vonta maga után. Az intenzív fajták fehérjeképződése és fehérjelebontása is nagyobb mértékű, de - a köztük lévő különbségből adódóan - a beépülés nagyobb, mint a gyengébb húsformákat mutató genotípusok esetében (SZABÓ és HALAS 2011).

A sertések esetében megkülönböztetünk gyors és lassú növekedésű genotípusokat, ami tulajdonképpen a hízékonyságban megmutatkozó biológiai különbségből adódik. A hústermelő képesség egyedi szinten jelentkező kapacitását (k), a hústermelés intenzitása (i) és tartama (t) határozza meg ($k = i \times t$). Az intenzitás/növekedési erély/súlygyarapodás (g/nap), azt jelenti, hogy mennyi húst képes beépíteni az állat a szervezetébe. Gyakorlatilag ez az átlagos napi testtömeg-gyarapodás a születéstől a vágásig. Azt pedig, hogy meddig képes az állat arra, hogy jelentős izomszöveteket építsen be, jelentősebb elzsírosodás nélkül a tartam (nap) adja meg. A hústermelés intenzitásában és a húsminőségben fennálló jellegzetes biológiai eltérések szembeötlő külső és belső sajátosságok következményei. Azokat a sertéseket, amelyekre születésüktől kezdődően intenzív húsbeépítés jellemző, korán érő fejlődési típusokként (A genotípus) tartjuk számon. Esetükben az egyes fejlődési szakaszok szerinti testaránybeli eltérések mérsékeltek. E típus legjellegzetesebb képviselői a középnagy fehér hússertés (middle white) és a berkshire fajtába tartozó sertések. Általában a koraérő típust képviselő egyedek

hajlamosak a korai elzsírosodásra. Azok a nagy hústermelési kapacitású sertések, amelyeknek mind a hústermelési intenzitásuk (560-600 g/nap hizlaláskori súlygyarapodás), mind hústermelésük tartama nagy (100 kg-os élősúlyt kb. 160. életnapra érik el), a későn érő típust (B genotípus) képviselik. Ilyenek a nagy fehér húsertések, illetve a lapálysertések. Szembeötlő sajátosságuk, hogy nagy növekedési erélyűek, és ezt az adottságukat nagy testtömeg eléréséig megőrzik, tehát nagy ráamájúak. Életkor szerinti fejlődési szakaszaikra jellemzőek a kifejlett testarány változások. A korán és későn érő húsertés típusokból napjainkra kitenyésztettek egy átmeneti típusváltozatot (A genotípus), amelyre a feltűnően nagy hústermelési kapacitás a jellemző. A korán érő típusba tartozóknál ugyanis számottevően hosszabb időtartamú, de azokéhoz hasonló intenzitású hústermelést mutató típusváltozatot képviselnek. Ilyenek a pietrain és a német lapálysertés fajták, valamint a különböző modern húshibridek is, mint például a Danbred. E hibrid például, a 100 kg-os élősúlyt körülbelül a 150. életnapra éri el, valamint 950 g/nap feletti súlygyarapodásra képes. Az ilyen extrém méretű izomzatot beépítő sertéseknél valamelyest mérsékeltebb húsformákat mutató sertések is ebbe az átmeneti típusba sorolhatók. Az e típust képviselő egyedek testarányaiban fejlődési stádiumonként jóval kisebb eltolódások mutatkoznak, mint ami a későn érő típusba tartozó egyedek esetében megfigyelhető. A zsírosodási hajlam éppen a hústermelés tartamának meghosszabbodása következtében mérsékeltebb, és a növekedés során későbbi életszakaszban jelentkeznek. Annak alapján, hogy a sertések milyen végtermék-előállításra a legalkalmasabbak, ún. hasznosítási típusba soroljuk őket. Azokat a sertéseket, amelyek a hústermelést előnyösen szolgálják, húsertéseknek, azokat, amelyek a zsír előállításában hasznosíthatók előnyösebben, zsírsertéseknek nevezzük. A gyors növekedés az intenzív húsbeépülés következménye, ezért az ilyen sertéseket húsertéseknek nevezzük (A és B genotípusok). A testállomány izomrészeinek lassú gyarapodása ezzel szemben a zsír fokozott mérvű beépítésével párosul (pl.: mangalica). Az ilyen sertések a zsírsertések (C genotípus) csoportjába sorolhatók. Az ismert típusbesorolásnak nemcsak elméleti, hanem nagyon jelentős gyakorlati hatása van (HORN et al. 2011). Az egyes típusokat meghatározó tulajdonságok döntően befolyásolják például az állatok napi fehérjebeépítését, mely szoros összefüggésben van az állatok N kiválasztásával és ezáltal az ammóniaemisszióval is (9. ábra).

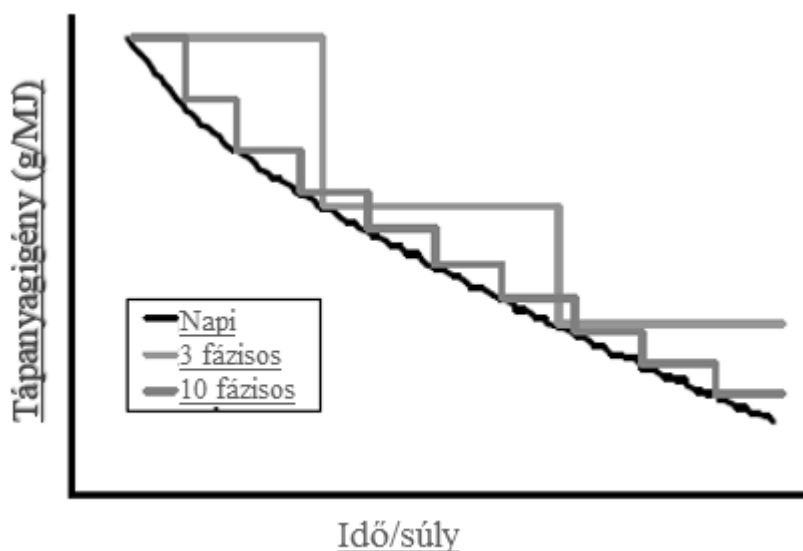


9. ábra: Napi fehérjebeépítésben mutatkozó különbségek genotípusok között, 25-125 kg élőtömeg tartományban – Schinckel et al. (1996) alapján - (HORN et al. 2011)

Gyakorlati szempontból nézve például, az olyan apai vonalak egyedjeinél, mint a Hampshire vagy a Duroc fajták, megnövekedett N retenciós értékekkel és csökkent N kiválasztási értékekkel számolhatunk az anyai vonalakba (pl.: Landrace) tartozó állatok teljesítményéhez viszonyítva (TAUSON et al. 1998). A lassú növekedésű fajtákkal (Creole, Meishan) végzett kísérletek hasonló napi N ürítési értékeket mutattak, mint amit a nagy fehér sertések esetében tapasztalhatunk (RENAUDEAU et al. 2006, LATORRE et al. 2008), azonban ezen fajták NH₃-kibocsátása még így is akár 50%-kal nagyobb lehet, kisebb fehérjebeépítési sebesség és a hosszabb hizlalási idő miatt (PHILIPPE et al. 2011). A modern húsertések esetében, megfelelő takarmányozás mellett, mintegy 40–45%-os nitrogénretenciával számolhatunk (BALL et al. 2013), ellentétben a gyengébb teljesítményű, korábban használt fajták, 30% körüli értékével.

3.4. Takarmányozási lehetőségek a sertések ammóniaemissziójának csökkentésére

Az állatok által ürített ammónia mennyisége csökkenthető, ha már eleve kevesebb a takarmánnyal bevitt nitrogén mennyisége. Ez megvalósítható az állatok mindenkori igényeihez igazított, több fázisú takarmányozással (KOCH 1990, BOISEN et al. 1991, van der PEETSCHWERING és VOERMANS 1996, Ferket et al. 2002), vagy csökkentett nyersfehérjetartalmú, kristályos aminosavakkal kiegészített tápok etetésével. A fázisos takarmányozást régóta használják a gyakorlatban azért, hogy az állatok számára a különböző táplálóanyagok megfelelő mennyiségben álljanak a rendelkezésére. Lényege, hogy különböző táplálóanyag-tartalmú tápoket etetünk a különböző korcsoportokban és termelési fázisokban úgy, hogy a tápok táplálóanyag-tartalma a lehető legjobban illeszkedjen az állatok aktuális igényéhez (10. ábra) (HAN et al. 2000, RADEMACHER 2000, DUBLECZ 2011, CARTER és KIM 2013, BITTMAN et al. 2014). Irodalmi adatok alapján, a hizlalás során, az 1 fázisról 3 fázisra való áttérés 16%-os N-kibocsátás csökkenést (RADEMACHER 2000), a 2 fázisról 5 fázisra való áttérés 0,45 kg N/állat/év N-ürítés csökkenést eredményez (BAT 2015). Azzal kapcsolatban azonban, hogy a már egy eleve magasabb számú hizlalási fázist alkalmazó gyakorlat fázisszámának további növelése milyen hatással jár az állatok termelésére és N-forgalmára nem állnak rendelkezésre adatok. Hazánkban, a legtöbb esetben ilyen helyzet áll fenn, hisz a magyar sertéshizlalási gyakorlat általában négy takarmányozási fázissal dolgozik. Harmadik kísérletem tehát ezen kérdések tisztázására került beállításra.



10. ábra: A sertéshizlalás során az aktuális igényekhez (fehérje: energia) igazodó táplálóanyag-ellátás (POMAR et al. 2009)

Az állatok N-ürítését csökkentett nyersfehérje-tartalmú, limitáló aminosavakkal kiegészített tápok etetésével is mérsékelhetjük (GATEL és GROSJEAN 1992, SCHUTTE et al. 1993, CANH et al. 1998b, KERR 2003, POWERS et al. 2007, DUBLECZ 2011, CARTER és KIM 2013, BITTMAN et al. 2014, BAT 2015, LI et al. 2015, WANG et al. 2018, NIYAZOV és OSTRENKO 2020). Ekkor ugyanis az állat számára a szükséges aminosavak könnyebben emészthető formában állnak a rendelkezésére, a kristályos aminosavak felszívódása ugyanis közel 100 %-os hatékonyságú. Abból pedig, hogy a N hasznosítás javul, logikusan következik az alacsonyabb N ürítés. 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 (LENIS és SCHUTTE 1990, DOURMAD et al. 1993, CANH et al. 1998a, HAN és LEE 2000, KERR et al. 2003, CARPENTER et al. 2004, FVM 2008, ZHAO et al. 2019, NIYAZOV és OSTRENKO 2020). Telepi kísérletek során, rácspadlós tartás mellett, minden 10 g/kg takarmány nyersfehérje-tartalom csökkentés esetében, 7-15%-kal kisebb ammóniaemissziót figyeltek meg (CANH et al. 1998b, OTTO et al. 2003, HAYES et al. 2004, HANSEN et al. 2007). Ez az érték mélyalmos tartás mellett 8,2% (PHILIPPE et al. 2006a). A hígtrágya-mintákon végzett in vitro kutatások hasonló eredményeket mutatnak: 8–9%-os csökkenéssel jár a táp nyersfehérje-tartalmának 1%-os mérséklése (CANH et al. 1998b, PORTEJOIE et al. 2004, O’CONNELL et al. 2006, O’SHEA et al. 2009, ZHAO et al. 2019). Átlagértékként megadható, hogy a takarmány egységnyi nyersfehérje-tartalom-csökkentése, 8-10%-kal kisebb N-ürítést eredményez (DUBLECZ 2011, WANG et al. 2018). A nitrogénforgalmi vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a nyersfehérje-csökkentésnek nagyobb hatása van a vizelettel ürülő N mennyiségére, mint a bélsárral ürülő hányadra (CANH et al. 1998b, PORTEJOIE et al. 2004, O’CONNELL et al. 2006, O’SHEA et al. 2009). Ez ammóniaemissziós szempontból kedvező, a korábban már említett elillanási tulajdonságok miatt. E takarmányozási technikának az említetteken túl, további pozitív hatása, hogy csökkenti a trágya pH értékét is (SUTTON et al. 1996, CARPENTER et al. 2004, PORTEJOIE et al. 2004, ZHAO et al. 2019). Irodalmi adatok alapján a trágya pH érték csökkenésének hátterében az állatok elektrolit egyensúlyának megváltozása áll. Egyes szerzők (CHAN et al. 1998b, PORTEJOIE et al. 2004) szoros összefüggést találtak az elektrolit egyensúly és a vizelet, illetve ezen keresztül a trágya pH-ja között. Az állatok elektrolit egyensúlyának kialakításában fontos szerepet játszik a kálium, melyet a fehérjetakarmányok nagy mennyiségben tartalmaznak. A kísérleti tápok kisebb káliumtartalma tehát hatással van az állatok elektrolit egyensúlyára (CAPPELLAERE et al. 2021) és ezzel összefüggésben a vizelet pH-jára. Ez azért kedvező, mert a savanyúbb kémhatás nem kedvez a karbamid bontásáért felelős ureáz enzim aktivitásának. Összességében tehát elmondható, hogy 10 g/kg nyersfehérje-

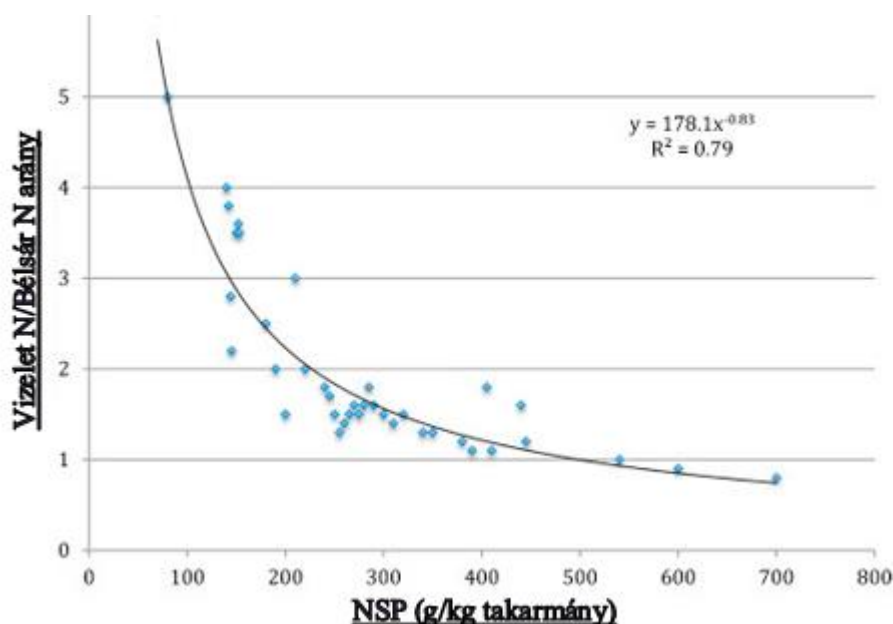
csökkentés, a vizelettel ürülő összes ammónia típusú N mennyiségét átlagosan 10%-kal mérsékli, amivel 10%-kal kisebb NH_3 emissziót lehet elérni a sertéshízlalás során (BITTMAN et al. 2014).

Az ammóniaemissziót befolyásoló további takarmányozási lehetőség az említetteken túl a vizelettel ürített N arányának csökkentése, az ivar szerinti takarmányozás, továbbá a vizelet és a bélsár pH-jának egyéb módszerekkel történő csökkentése (AARNINK 2007, GAY 2008, BITTMAN et al. 2014, DUBLECZ 2011).

A vizelettel ürített N arányának csökkentése a takarmányok nem keményítő típusú szénhidrát (NSP) tartalmának növelésével érhető el. Ilyenkor ugyanis a vastagbélben, nagyobb mennyiségben megjelenő, könnyen fermentálható NSP fokozza a baktériumok szaporodását és elősegíti a vastagbélben a képződő ammónia bakteriális fehérjévé történő alakulását. Ez a fehérje pedig a bélsárral ürül, és lassabban alakul át ammóniává, mivel a baktérium fehérjéből az ureáz enzim nem tud ammóniát felszabadítani (LOW 1985, AARNINK et al. 2007, O'SHEA 2009, PHILIPPE et al. 2011, PHILIPPE et al. 2015). KREUZER és MACHMÜLLER szerint (1993), a sertéstápok rosttartalmának növelése jelentős mértékben, akár, 20-28%-kal csökkentheti a vizelet N-tartalmát. A 11. ábra a takarmány NSP tartalma és a vizelet N kiválasztási aránya közötti kapcsolatot mutatja be. BITTMAN és mtsai. (2014) szerint körülbelül 16%-kal kisebb ammónia-kibocsátással számolhatunk, ha a táp NSP-tartalmát 200-ról 300 g/kg-ra, és 25%-kal, ha 300-ról 400 g/kg-ra növeljük.

A nagyobb fermentálható NSP-tartalom a bélsár pH-értékének csökkenésével is jár, így mérsékelve az NH_3 -kibocsátást. A fermentálható szénhidrát etetése esetén ugyanis nagyobb mennyiségben képződnek illózsírsavak, melyek pH csökkentő hatásúak. Az alacsonyabb pH pedig kedvezőtlen körülményeket teremt a bakteriális ureáz enzim tevékenységéhez (CLARK et al. 2005, O'SHEA 2009, SZABÓ és HALAS 2011, JARRET et al. 2012). Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy az NSP szintjének növelése egy szint felett negatív hatásokkal is járhat, mivel a magas NSP-szintnél a tápanyagok emészthetősége csökken (SZABÓ és HALAS 2011, BITTMAN et al. 2014). Ennek hátterében két fő ok áll. Az egyik, hogy az emésztőenzimek nem jutnak hozzá a sejttartalomhoz a rostos sejtfal miatt. A másik ok pedig az, hogy a nagyobb nyersrosttartalom gyorsítja a passzázst, ami az emésztés számára rendelkezésre álló időt csökkenti. Főként a fehérje emészthetőség romlásának hátterében áll az a tény is, hogy a takarmányok nyersrosttartalmának növelése, növeli az állatok által ürített endogén veszteségeket. Ennek oka, hogy a nagyobb nyersrost tartalom fokozza a bélhámsejtek erózióját, és növeli a vakbélbe és a remesebélbe jutó cellulóz és hemicellulóz mennyiségét, ami pedig élénkíti a mikrobiális életet, ennek következtében pedig a mikrobiális fehérjeszintézist. A

takarmányok nyersrosttartalmának 1%-os növelése Axelsson szerint 1,68%-kal csökkenti a sertések szerves anyag emésztését (SCHMIDT J. (Szerk.) 2015).



11. ábra: A takarmány NSP-tartalma és a vizelettel, illetve a bélsárral ürülő N aránya közötti kapcsolat (JONGBLOED 2001)

A takarmány kation-anion egyensúlya szintén befolyásolja az NH_3 -emissziót. A vese fontos szerepet játszik ugyanis a vér állandó pH-értékének fenntartásában, a takarmány kation-anion aránya pedig hatással van a vizelet pH-jára. A vizelet kémhatását a szervezetből kiürülő savas és bázikus kémhatású anyagok aránya alakítja ki (DUBLECZ 2011, PHILIPPE et al. 2011, SZABÓ és HALAS 2011, BITTMAN et al. 2014). A savanyúbb vizelet a trágya pH-ját is csökkenti, még bizonyos tárolási időtartam után is. Ez a pH-hatás a tárolás és a kijuttatás során is jelentősen csökkentheti a trágyából származó NH_3 -kibocsátást (BITTMAN et al. 2014). 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 (NORGAARD et al. 2010, DUBLECZ 2011, PHILIPPE et al. 2011, SZABÓ és HALAS 2011, BITTMAN et al. 2014). 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). Ha a takarmányban CaCO_3 formájában lévő kalciumot (6 g/kg) Ca-benzoáttal helyettesítjük, a vizelet és a trágya pH-értéke több mint 2 egységgel csökkenthető. Ebben az esetben az NH_3 -kibocsátás akár 60%-kal is kisebb lehet (AARNINK et al. 2007, BITTMAN et al. 2014). A benzoésav engedélyezett savtartalom-szabályozó takarmány-adalékanyag (E210) a hízósertések esetében 1%-os, a malacoknál pedig 0,5%-ban alkalmazható (KRISTENSEN et al., 2009, BITTMAN et al. 2014). 1% benzoésav hozzáadása a hízó sertések takarmányához hozzávetőlegesen 20%-os NH_3 -kibocsátás csökkenést eredményez (GUINGAND

et al. 2005, AARNINK et al. 2008). Ennek háttérben az áll, hogy a benzoésav a májban hippursavvá metabolizálódik, majd ilyen formában ürül a vizelettel, ami csökkenti a vizelet pH-ját és következésképpen a tárolt hígtrágya pH-ját is (KRISTENSEN et al. 2009). A benzoésav-kiegészítésnél is nagyon oda kell figyelni a megfelelő mennyiségre, mivel túlzott mértéke depresszív hatású a takarmányfelvételre, illetve a teljesítményre. SHU és mtsai. (2016) megállapították, hogy 0,5%-os benzoésav-kiegészítésnek nincs kedvezőtlen hatása a malacok növekedésére. Ám a túlzott (2,5% vagy 5,0%) benzoésav-kiegészítés gyenge növekedési teljesítményhez, hematológiai rendellenességekhez és egyes szervek (máj és lép) károsodásához vezethet. Ezen túlmenően, a benzoésav szövetekben való felhalmozódására is érdemes nagyobb figyelmet fordítani. A korábbi kutatások kedvező eredményei sok esetben az engedélyezettnél magasabb bekeverési arányok mellett valósultak meg (NORGAARD et al. (2010) 2%-os, MROZ et al. (2000) 2,4%-os bekeverési arány), viszont az általunk használt készítmény gyártója a depresszív hatások elkerülésére nekünk 0,5%-os arányt javasolt a kísérletünk beállításakor. Ezen dóziskülönbségek miatt tehát még érdekesebbé vált a kérdés, hogy valyon milyen eredményeket lehet elérni egy alacsonyabb benzoésav bekeverési szinttel.

Az említett takarmányozási lehetőségek kombinált használatának vizsgálata egy kevésbé kutatott téma. Bakker és Smits (2002) azonban végzet erre vonatkozó vizsgálatokat 3 féle fehérje szint, 3 féle savanyító só koncentráció és 3 féle rost tartalom alkalmazásával. Megállapították, hogy a különböző kezelések között nincs kölcsönhatás, az ammónia emisszió pedig lineáris összefüggést mutat a takarmány komponensek mennyiségével. Telepi kísérleteik során a kombinációs takarmányok etetésének hatására további javulást értek el az ammónia emisszió esetében. Galassi et. al. (2010) szintén nem talált kölcsönhatást a nyersfehérje tartalom csökkentése és a magasabb fermentálható rost etetése között nagyobb súlyú hízók esetében. Mivel a téma kevésbé kutatott, valamint a rendelkezésre álló adatok sok esetben ellentmondásosak, ezért úgy gondoltuk, hogy ilyen jellegű vizsgálatok beállítása is indokolt.

A takarmánygyártás egyes lépései is lehetnek ammóniaemisszió csökkentő hatásúak, mivel ezekkel a takarmányfelvételt és az emészthetőséget lehet befolyásolni. Ilyen például a darálás és a granulálás. Az emészthetőség 1%-os javulásával pedig 1,4%-kal kisebb N-veszteség érhető el 1 kg hús előállításánál (DUBLECZ 2011).

Az említetteken túl egyéb takarmánykiegészítőket is lehet alkalmazni az emisszió csökkentés érdekében. Ilyenek lehetnek különböző enzimek, probiotikumok, szerves savak, zeolitok és a yukka kivonat is (DUBLECZ 2011, PHILIPPE et al. 2011). Ezek hatékonysága alacsonynak mondható, általában 5% körüli vagy még kisebb, de vannak irodalmak melyekben

25%-os értékkel is találkozhatunk (DUBLECZ 2011). Az exogén enzimek közül az NSP-bontók (xilanáz, glükánáz, celluláz stb.), a proteázok és a fitáz egyaránt befolyásolják az emészthetőséget. Ezek az enzimek elsősorban a fehérje emészthetőségét növelik és ezáltal javítják a fajlagos mutatókat. Hatásuk annyiban releváns az ammóniaemisszió szempontjából, hogy használatukkal csökkenthető a tápok fehérjetartalma, ám hatásuk direkt módon való figyelembevétele, ammóniaemissziós szempontból a leltárkészítés során, nem feltétlenül indokolt (DUBLECZ 2018).

3.5. A hazai ammóniaemissziós leltár rövid ismertetése

Hazánkban ma az ammóniaemissziós leltár összeállítása az EMEP/EEA útmutatókban (TANS et al. 2015) megfogalmazottak alapján, Tier 2-es metodikával történik. A kalkuláció a TAN áramlását vizsgálja. A számítás során egyenes arányossággal veszik számításba az emisszió mértékét a tevékenységi adatok és az emissziós faktorok segítségével. A tevékenységi adatok könnyen elérhető statisztikai információk (állatlétszám, takarmány összetétel stb.). A sertéstartásra vonatkozó, jelenleg hazánkban használt N-forgalmi paramétereket az 1. táblázatban gyűjtöttük össze (IIR HU 2015).

1. táblázat: Sertések N-retenciója, N- és összes ammónia típusú N (TAN)-ürítése (IIR HU 2019)

	N-retenció (%)	N-ürítés (kg N/állat/év)	TAN (%)	TAN-ürítés (kg/állat/év)
malac < 20 kg	48	3,0	70	2,1
malac 20-50 kg	34	8,6	70	6,0
hízó 50 kg <	34	12,5	70	8,8
tenyészkoca	30	18,5	70	13,0
tenyészkan	30	19,4	70	13,6
tenyészüldő	34	9,9	70	6,9
előhasi koca	34	13,8	70	9,7

Magyarországon az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) felel az üvegházhatású-gázleltárak és egyéb szükséges jelentések elkészítéséért és fejlesztéséért. Az OMSZ az Agrárminisztérium ellenőrzése alatt álló szervezet, amely együttműködik más érintett minisztériumokkal, kormányzati ügynökségekkel, tanácsadókkal, egyetemekkel, kutatócsoportokkal és vállalatokkal annak érdekében, hogy elkészíthesse az éves leltárjelentést.

Mivel kutatásunkat elsősorban a leltárkészítés pontosítása motiválta, célunk az volt, hogy a gyakorlati körülményekhez adaptálható, a hazai takarmányozási gyakorlatban megvalósítható ammónia emisszió csökkentési technikák hatásait vizsgáljuk. Az előzőekben bemutatott irodalmi

adatok többsége nem a gyakorlati körülményekre vonatkozott, legyen szó a fehérjecsökkentés mértékéről, a hizlalási fázisok számáról vagy például a fermentálható rostforrások és a benzoésav kiegészítés bekeverési arányáról. A különböző genetikai háttérrel rendelkező és különböző korcsoportú sertésekre vonatkozó N-forgalmi vizsgálatok pedig nemzetközi szinten is hiánypótlónak tekinthetők.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. Csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatása különböző genotípusú és korú hízósertések N-forgalmára (1. kísérlet)

A nyersfehérje-csökkentés ammóniaemisszióra gyakorolt hatását - mindkét vizsgált genotípus esetében anyagforgalmi kísérletben vizsgáltuk a korábban Czákó J. által leírt metodika alapján (REGIUSNÉ MŐCSÉNYI, 1982).

4.1.1. Állatok és elhelyezésük

A kísérlet során a takarmányozási csoportokba genotípusonként és kezelésként tíz-tíz-tíz ártány választott malacot állítottunk be, Magyar Nagyfehér (MNF), illetve Topigs 20 x Danbred Duroc (továbbiakban: Danbred (DB)) állományból. A „B” genotípusba sorolható állatok a MATE-GC Tanüzeméhez tartozó Magyar Nagyfehér Törzstenyészetből, míg az „A” genotípusba sorolható Danbred malacok az ALM Kft. somogytarnócai telepéről származtak. Az állatokat Keszthelyen, szalmás almozású, önetetővel, önitatóval felszerelt, 3,5 x 3,4 m-es fülkékben hizlattuk. Az istálló hőmérsékletét 16 ± 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.

4.1.2. Kísérleti kezelések, vizsgálatok

A kontroll tápok a Magyar Takarmánykódex (2004) adott genotípusra megfogalmazott ajánlásai alapján kerültek összeállításra. Az emészthető aminosav (SID) szükségleti értékeket az NRC (2012) ajánlás alapján állítottuk be. A hagyományos, az ajánlásoknak megfelelő, fehérjetartalmú tápsor mellett, egy 1,5, illetve egy 3%-kal kisebb nyersfehérje tartalmú kristályos aminosavakkal kiegészített tápsort etettünk a csoportonként azonos kezdősúlyú ártányokkal. Az állatok takarmányfogyasztását naponta, míg tömegüket hetente egyszer mértük a kísérlet teljes időtartama alatt. Az élősúly mérés digitális állatmérleg segítségével történt 0,1 kg-os pontossággal. A csoportos elhelyezés során a kísérleti állatok *ad libitum* takarmányozásban részesültek, míg 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 az állatok rendelkezésére: a csoportos tartás esetében szópókás önitatókból, az anyagcsereketrecekben pedig vályúból. A takarmányok összetételét és mért táplálóanyag-tartalmát az 2-5. táblázatok tartalmazzák.

2. táblázat: A „B” genotípusú sertések kísérleti tápjainak összetétele és mért táplálóanyag-tartalma az 1. (20-30 kg) és a 2. (30-40 kg) fázisban

Összetétel (%)	1. fázis (20-30 kg)			2. fázis (30-40 kg)		
	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)
kukorica	44,62	44,00	52,86	38,65	44,27	46,79
búza	27,85	29,00	23,50	35,09	33,20	35,00
extrahált szója	20,60	21,59	17,65	23,00	19,00	14,40
hemoglobin	2,50	-	-	-	-	-
napraforgóolaj	1,70	2,30	2,60	0,80	0,80	0,80
L-lizin HCL	0,08	0,30	0,42	0,09	0,21	0,34
DL-metionin	0,11	0,12	0,14	0,06	0,08	0,10
L-treonin	0,03	0,10	0,15	-	0,06	0,11
L-triptofán	-	0,02	0,05	-	0,02	0,04
takarmánysó	0,31	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
takarmánymész	1,12	1,10	1,12	1,08	1,08	1,11
MCP	0,58	0,61	0,65	0,37	0,42	0,45
premix*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ár (Ft/kg)	74,72	70,29	68,80	64,62	62,65	60,45
táp ár csökkenés (%)	100%	-6%	-8%	100%	-3%	-6,5%
Méret táplálóanyag-tartalom (%) és energia-tartalom (MJ/kg)						
DEs	14,14	14,15	14,15	13,92	13,89	13,83
nyersfehérje	17,54	16,91	14,70	17,48	15,18	13,80
nyersrost	2,63	2,79	2,54	2,89	2,72	2,67
nyersshamu	4,43	4,39	4,24	4,53	4,31	4,17
nyerszsír	3,98	4,47	4,84	2,94	3,11	3,05
lizin	1,12	1,09	1,08	1,05	1,07	1,08
metionin	0,44	0,45	0,43	0,40	0,41	0,40
metionin+cisztin	0,74	0,75	0,71	0,71	0,69	0,68
treonin	0,74	0,76	0,71	0,72	0,70	0,71
Ca	0,63	0,72	0,64	0,63	0,62	0,73
P	0,50	0,49	0,48	0,45	0,46	0,44

„B” genotípusú sertés: Keszthelyi Magyar Nagyfehér; *a premix pontos összetételét a 2. számú melléklet tartalmazza

3. táblázat: A „B” genotípusú sertések kísérleti tápjainak összetétele és mért táplálóanyag-tartalma a 3. (40-80 kg) és a 4. (80 kg <) fázisban

Összetétel (%)	3. fázis (40-80 kg)			4. fázis (80 kg <)		
	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)
kukorica	58,14	52,77	56,38	55,91	56,83	56,50
árpa	16,95	26,80	26,98	24,04	27,30	32,00
extrahált szójadara	22,00	16,75	12,50	17,3	12,68	7,89
napraforgóolaj	0,50	1,00	1,20	0,50	0,70	0,86
L-lizin HCL	0,04	0,18	0,30	0,07	0,20	0,33
DL-metionin	0,04	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07
L-treonin	-	0,06	0,11	-	0,06	0,12
L-triptofán	-	0,02	0,04	-	0,02	0,04
takarmánysó	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
takarmánymész	1,08	1,09	1,11	1,00	1,00	1,02
MCP	0,39	0,41	0,44	0,28	0,30	0,32
premix*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ár (Ft/kg)	60,96	59,56	57,83	57,47	55,64	53,70
táp ár csökkenés (%)	100%	-2%	-5%	100%	-3%	-6,5%
Mért táplálóanyag-tartalom (%) és energia-tartalom (MJ/kg)						
DEs	14,37	14,16	14,02	14,21	13,91	13,84
nyersfehérje	16,24	13,98	12,84	14,52	12,99	11,90
nyersrost	3,31	3,43	3,15	3,64	2,89	3,42
nyershamu	4,67	4,56	4,12	3,99	3,85	3,85
nyerszsír	3,31	3,49	3,83	3,03	3,31	3,71
lizin	1,01	0,97	0,99	0,86	0,86	0,87
metionin	0,37	0,38	0,38	0,33	0,34	0,35
metionin+cisztin	0,67	0,62	0,63	0,60	0,59	0,58
treonin	0,68	0,67	0,65	0,60	0,61	0,58
Ca	0,64	0,68	0,66	0,59	0,56	0,56
P	0,43	0,40	0,38	0,38	0,35	0,36

„B” genotípusú sertés: Keszthelyi Magyar Nagyfehér; *a premix pontos összetételét a 2. számú melléklet tartalmazza

4. táblázat: Az „A” genotípusú sertések kísérleti tápjainak összetétele és mért táplálóanyag-tartalma az 1. (20-30 kg) és a 2. (30-40 kg) fázisban

Összetétel (%)	1. fázis (20-30 kg)			2. fázis (30-40 kg)		
	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)
kukorica	44,40	46,70	52,80	41,10	42,80	46,40
búza	24,00	26,00	23,80	33,10	36,00	36,60
extrahált szója	24,60	19,70	15,30	22,00	17,00	12,20
hemoglobin	2,00	2,00	2,00	-	-	-
napraforgóolaj	2,20	2,60	2,80	1,00	1,20	1,60
L-lizin HCL	0,08	0,21	0,33	0,31	0,44	0,57
DL-metionin	0,10	0,12	0,14	0,11	0,13	0,15
L-treonin	0,02	0,07	0,13	0,09	0,15	0,20
L-triptofán	-	-	0,01	-	-	0,02
takarmánysó	0,32	0,32	0,32	0,42	0,42	0,42
takarmánymész	1,22	1,24	1,25	1,16	1,19	1,21
MCP	0,58	0,60	0,64	0,17	0,18	0,21
premix*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ár (Ft/kg)	77,29	75,68	73,60	66,82	64,51	63,16
táp ár csökkenés(%)	100%	-2%	-5%	100%	-3%	-5%
Mért táplálóanyag-tartalom (%) és energia-tartalom (MJ/kg)						
DEs	14,19	14,20	14,19	14,02	14,01	13,95
nyersfehérje	19,46	18,57	16,81	17,92	16,35	14,48
nyersrost	2,99	2,96	2,82	2,82	2,96	2,83
nyershamu	4,64	4,70	4,34	4,47	4,17	3,99
nyerszsír	4,19	4,87	5,25	3,16	3,60	3,86
lizin	1,12	1,09	1,15	1,02	1,00	1,03
metionin	0,43	0,41	0,44	0,39	0,42	0,40
metionin+cisztin	0,77	0,72	0,76	0,74	0,73	0,67
treonin	0,72	0,74	0,71	0,74	0,70	0,72
Ca	0,68	0,69	0,69	0,66	0,64	0,65
P	0,50	0,49	0,44	0,40	0,37	0,36

„A” genotípusú sertés: Topigs 20 x Danbred Duroc; *a premix pontos összetételét a 2. számú melléklet tartalmazza

5. táblázat: Az „A” genotípusú sertések kísérleti tápjainak összetétele és mért táplálóanyag-tartalma a 3. (40-80 kg) és a 4. (80 kg <) fázisban

Összetétel (%)	3. fázis (40-80 kg)			4. fázis (80 kg <)		
	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)	Kontroll	-1,5% ny.feh. (1. kezelés)	-3% ny. feh. (2. kezelés)
kukorica	55,90	50,00	52,40	43,60	43,90	49,60
árpa	16,40	27,10	29,00	36,70	41,10	39,50
extrahált szója	24,70	19,10	14,30	16,90	11,80	7,20
napraforgóolaj	0,50	1,00	1,20	0,50	0,70	0,80
L-lizin HCL	0,14	0,28	0,40	0,21	0,34	0,46
DL-metionin	0,08	0,10	0,12	0,08	0,09	0,11
L-treonin	0,04	0,10	0,15	0,06	0,12	0,17
L-triptofán	-	-	0,02	-	0,01	0,03
takarmánysó	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,41
takarmánymész	1,08	1,10	1,12	0,90	0,92	0,94
MCP	0,34	0,35	0,38	0,22	0,24	0,27
premix*	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ár (Ft/kg)	63,52	61,51	59,73	58,61	56,48	54,59
táp ár csökkenés(%)	100%	-3%	-6%	100%	-4%	-7%
Mért táplálóanyag-tartalom (%) és energia-tartalom (MJ/kg)						
DEs	13,89	13,88	13,85	14,02	14,03	13,89
nyersfehérje	17,87	16,17	14,78	15,88	14,06	12,69
nyersrost	3,43	3,63	3,62	2,88	2,8	2,72
nyershamu	4,50	4,29	4,37	4,24	3,65	3,78
nyerszsír	2,97	3,46	3,5	2,72	2,95	3,07
lizin	0,95	0,97	0,93	0,82	0,83	0,81
metionin	0,37	0,38	0,36	0,32	0,33	0,34
metionin+cisztin	0,70	0,67	0,65	0,61	0,59	0,59
treonin	0,66	0,64	0,64	0,59	0,58	0,6
Ca	0,63	0,65	0,66	0,56	0,55	0,56
P	0,44	0,4	0,44	0,37	0,35	0,36

„A” genotípusú sertés: Topigs 20 x Danbred Duroc; *a premix pontos összetételét a 2. számú melléklet tartalmazza

Minden, a hazai gyakorlat szerint tipikusnak tekinthető takarmányozási fázisban (20-30 kg; 30-40 kg; 40-80 kg; 80 kg <), 6-6-6 állatot, egy hét időtartamra, egyedi kihasználási ketrecbe helyeztünk, a N-forgalmi vizsgálatok elvégzése érdekében (az anyagcsereketrecek pontos méretei és részletes leírása a 3. számú mellékletben található). A ketrecek tartalmazó terem hőmérsékletét 18 ± 2 °C-ra állítottuk be. Az állatok számára szükséges fényt (80 lux / napi 9 óra), a csoportos tartásnál alkalmazottakhoz hasonlóan, természetes, illetve mesterséges fényforrással biztosítottuk. A levegő minőséget szintén minden nap ellenőriztük Draeger készülékkel (Draeger x-am 5600). A CO₂ és NH₃ koncentrációk itt is, a 400–1100, illetve a 0–2.6 ppm tartományokban mozogtak.

Itt a takarmányfogyasztás és tömeggyarapodás mellett, külön-külön mérhető volt a vizelet- és bélsárürítés is. Ennek köszönhetően teljes N-forgalmi vizsgálatot tudtunk végezni négy takarmányozási fázisban, választott malac kortól vágásig.

Az egy hetes anyagcsereketrecben töltött idő, két nap szoktatási és öt nap mintavételi időszakból tevődött össze. A mintavételeket 24 óránként, a reggeli etetés után közvetlenül végeztük el. A bélsár esetében minden nap a teljes mennyiséget lemértük és -20°C-on tároltuk a mintavételezési szakasz végéig. Ekkor az összegyűjtött mintákat felengedték, homogenizáltuk, majd reprezentatív mintát gyűjtöttünk. Az így kapott minta ismételt lehűtés után került a laboratóriumba. A vizelet gyűjtéséhez használandó gyűjtőedényekbe, a N veszteség csökkentésére, még a gyűjtés megkezdése előtt, a Czako J. által megfogalmazottaknak megfelelően, 20 ml 5%-os kénsavat adtunk (REGIUSNÉ MŐCSÉNYI, 1982). A naponta ürített vizelet teljes mennyiségét lemértük, majd műanyag edénybe 100 ml-t kimértünk belőle, melyet a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséig szintén -20°C-on tároltunk.

Az így kapott bélsár- és vizeletmintákból - Kjeldahl módszer segítségével - megmértük azok N tartalmát. A kísérletben felvett adatokból, mindkét genotípus esetében kiszámoltuk az egyes súlykategóriákban a legfontosabb N-forgalmi paramétereket:

- N-emészthetőség,
- az ürített N-ből a vizelettel távozó N aránya (TAN),
- N-retenció,
- a táp fehérjetartalmának biológiai értéke (N retenció az emészthető fehérje %-ában).

4.1.3. Kémiai vizsgálatok, elemzések, számítások

A laboratóriumban végzett vizsgálatok módszertanát röviden a 6. táblázatban foglaltuk össze.

6. táblázat: A laboratóriumi vizsgálatok módszertana

Paraméter	A vizsgálati/mérési módszer azonosítója	A meghatározás elve
<i>Száranyag</i>	<i>152/2009/EK III. melléklet A</i>	A mintát, a takarmány jellege szerint, meghatározott körülmények között szárítjuk. A tömegvesztést méréssel határozzuk meg.
<i>Nyersfehérje</i>	<i>152/2009/EK III. melléklet C</i>	A mintát katalizátor jelenlétében roncsoljuk. A savas oldatot nátrium-hidroxid-oldattal lúgosítjuk. Az ammóniát lepároljuk. A felszabadult ammóniát bőséges bórsavoldatba desztilláljuk, majd kénsavoldattal titráljuk.
<i>Nyerszsír</i>	<i>MSZ 6830-19:1979</i>	A mintát n-hexánnal extraháljuk. Az oldószert desztilláljuk és a maradékot szárítás után mérjük.
<i>Nyersrost</i>	<i>152/2009/EK III. melléklet I</i>	A szükség esetén zsírtalanított mintát többször egymás után meghatározott koncentrációjú kénsav és kálium-hidroxid forrásban lévő oldataival kezeljük. A maradékot zsugorított üvegszűrővel szűréssel elválasztjuk, kimossuk, megszáritjuk, lemérjük és 475-500 °C-on elhamvasztjuk. A hamvasztásból eredő tömegvesztés megegyezik a vizsgálati minta nyersrosttartalmával.
<i>Nyershamu</i>	<i>152/2009/EK III. melléklet M</i>	A mintát 550 °C-on hamvasztjuk, a maradékot megmérjük.
<i>Aminosav</i>	<i>159/2009/EK III. melléklet F</i>	A ciszteint és a metionint a hidrolízis előtt ciszteinsavvá, illetve metionin-szulfoná kell oxidálni. Az oxidálást 0 °C-on végezzük perhangysav/fenol keverékével. Az oxidálószer-felesleget nátrium-diszulfittal bontjuk le. Az oxidált mintát sósavval hidrolizáljuk 24 órán keresztül. A hidrolizátum kémhatását pH = 2,20 értékre állítjuk be. Az aminosavakat ioncserés kromatográfiával választjuk szét, és ninhidrines reakcióval, 570 nm-en (prolin esetében 440 nm) végzett fotometriás detektálással határozzuk meg. Alkalmazott műszer: INGOS AAA 400.
<i>Nitrogén</i>	<i>MSZ EN ISO 5983-2</i>	Az összes nitrogéntartalmat tömény kénsavas feltárást követően határozzuk meg. A vizsgált minta nitrogéntartalma ammónium-szulfáttá alakul át. A kénsavas oldatból az ammóniát lúggal felszabadítjuk, átdestilláljuk ismert mennyiségű savban felfogva, majd a savfelesleget titrálással meghatározzuk. Alkalmazott műszer: Foss-Kjeltec 8400 (Nils Foss Allé 1, DK-3400 Hilleroed, Denmark)
<i>Ca</i>	<i>ISO 6869: 2001</i>	
<i>P</i>	<i>ISO 6491: 2001</i>	

A takarmányok emészthető energia tartalmát (DE) a Magyar Takarmánykódex (2014) sertéstakarmányokra vonatkozó becslő egyenlete alapján számítottuk ki. Ezen számítás képlete a következő:

- $DE \text{ (MJ/kg)} = 0,0203 \times Ny.f. + 0,0217 \times Ny.zs. + 0,0097 \times Ny.r. + 0,0158 \times Nmka$
ahol,
Ny.f. = nyersfehérje (g/kg)
Ny.zs. = nyerszsír (g/kg)
Ny.r. = nyersrost (g/kg)
Nmka = nitrogénmentes kivonható anyag (g/kg)

A felvett és mért adatokat, valamint az ezekből kalkulált paramétereket a 4. számú mellékletben található „számolótábla” tartalmazza.

4.1.4. A statisztikai értékelés módszere

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 szóráshomogenitás megfelelő volt (ezt Levene-teszttel ellenőriztük), az azonos elemszámú futtatásoknál Tukey, míg a különböző elemszám esetében a Hochberg és Gabrielle tesztekkel használtuk. 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 regressziószámításnál $y = a + bx$ összefüggésvizsgálattal dolgoztunk, ahol minden esetben $b = 0$ volt.

A hazai gyakorlatban alkalmazott takarmányozási fázisokra vonatkozóan kapott éves N ürítési értékeinket összevetettük a leltárszámítás során használtakkal. Ezt a Benedek és mtsai. (2016) által kidolgozott algoritmus segítségével tudtuk megtenni, hisz az algoritmus segítségével

a gyakorlatban használt korcsoportok (20-30 kg; 30-40 kg; 40-80 kg; 80 kg <) adatai könnyen átszámíthatók a KSH adatbázis korcsoportjaira (20-50 kg; 50 kg <), a következőképpen:

$$KSH\ 20 - 50kg\ \acute{e}rt\acute{e}k/nap = \frac{20\ nap\ x\ (20 - 30kg\ \acute{e}rt.) + 15\ nap\ x\ (30 - 40kg\ \acute{e}rt.) + 11,25\ nap\ x\ (40 - 80kg\ \acute{e}rt.)}{46,25\ nap}$$

$$KSH\ 50kg\ <\ \acute{e}rt\acute{e}k/nap = \frac{33,75\ nap\ x\ (40 - 80kg\ \acute{e}rt.) + 30\ nap\ x\ (80kg\ <\ \acute{e}rt.)}{63,75\ nap}$$

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.

4.2. Különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak hatása hízósertések N-forgalmára (2. kísérlet)

A különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak ammóniaemisszióra gyakorolt hatását, szintén anyagforgalmi kísérletben vizsgáltuk a korábban Czakó J. által leírt metodika alapján (REGIUSNÉ MŐCSÉNYI, 1982).

4.2.1. Állatok és elhelyezésük

A kísérletet a kontroll takarmányozási csoportban húsz, illetve a különböző kezelések esetében 10 választott Topigs 20 x Danbred Duroc (továbbiakban: Danbred (DB)) ártány malaccal végeztük el. Az állatokat a korábbiakhoz hasonlóan az ALM Kft. somogytarnócai telepéről vásároltuk. A származási telepen a malacokat közel azonos élősúly alapján válogattuk össze. A kísérleti takarmányok etetésének kezdetén az állatok élősúlya $30,7 \pm 4,1$ kg volt. Az állatok elhelyezése teljes mértékben megegyezik a 4.1.1. fejezetben leírtakkal.

4.2.2. Kísérleti kezelések, vizsgálatok

A kontroll tápok az NRC (2012) „A” genotípusra megfogalmazott ajánlásai alapján kerültek összeállításra. A kísérleti tápsorok irodalmi adatok, illetve a benzoésav esetében a gyártói ajánlás szerint lett kialakítva. 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 CaCO_3 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**)

Az egyes tápokot 3 fázisban ettük (30-40 kg; 40-80 kg; 80-110 kg). A második takarmányozási fázisban (40-80 kg) minden csoportból 6-6 egyed, egy hét időtartamra anyagcsereketrecbe helyeztünk. Az itt elvégzett munkafolyamatok teljes mértékben megegyeznek a 4.1.2. 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 mintavételek során minimum hárman dolgoztunk az állatok körül, így lehetőségünk nyílt a gyors munkára. Az etetéskor bedugóztuk a vizelet elvezetésére használt tálcát, így amikor az állat az evés közbeni mozgás során vizeletet ürített, az nem keveredett a

mintagyűjtő edényben lévő kénsavas vizelettel. Egyikünk folyamatosan járta körbe a termet és figyelte melyik állat ürít éppen, és rögtön vitte a friss mintát a mérést végző társunkhoz. Így a minták pH mérése folyamatos és szinte azonnali volt. A méréseket Adwa Waterproof AD12 típusú műszerrel végeztük.

A kísérleti tápok összetételét és táplálóanyag-tartalmát a 7. táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat: A kísérleti takarmányok (40-80 kg) összetétele és mért táplálóanyag-tartalma (2. kísérlet)

Összetétel (%)	K	F	B	R	FR	FB	FBR
kukorica	53,1	51,9	52,1	42,3	58,6	51,2	57,6
extrahált szója	24,1	15,3	24,3	24,3	18,6	15,4	18,7
árpa	20,0	20,0	20,0	20,0	9,5	20,0	10,0
búzakorpa	-	9,3	-	-	-	9,4	-
répaszelet	-	-	-	10,0	10,0	-	10,0
napraforgóolaj	0,1	-	0,3	0,8	-	-	-
takarmánymész	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4	1,2
MCP	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
takarmány só	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ca-benzoát	-	-	0,5	-	-	0,5	0,5
premix*	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-lizin HCl	0,2	0,5	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4
DL-metionin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
treonin	-	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1
L-valin	-	0,1	-	-	0,1	0,1	0,1
L-triptofán	-	0,1	-	-	0,1	0,1	0,1
Mért táplálóanyag-tartalom (%) és energia-tartalom (MJ/kg)							
DE	13,9	13,7	13,8	13,9	13,8	13,8	13,7
szárazanyag	88,3	87,9	88,4	88,3	88,2	88,4	88,1
nyersfehérje	16,5	14,3	17,0	16,8	14,4	14,6	14,4
nyerszsír	2,6	3,0	3,2	3,0	2,6	2,8	2,8
nyersrost	3,2	3,0	4,6	3,0	3,8	3,5	4,0
nyersshamu	4,9	5,2	5,3	4,8	4,7	4,8	5,2
lizin	1,07	1,02	0,98	0,95	0,99	0,94	0,96
metionin	0,39	0,37	0,38	0,39	0,38	0,37	0,37
metionin+cisztin	0,70	0,64	0,69	0,68	0,65	0,63	0,64
treonin	0,72	0,70	0,67	0,67	0,69	0,65	0,66
valin	0,74	0,64	0,78	0,75	0,69	0,66	0,68
arginin	0,96	0,79	1,06	1,00	0,88	0,89	0,85
Ca	0,60	0,60	0,70	0,70	0,60	0,60	0,60
P	0,50	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

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

*a premix pontos összetételét a 2. számú melléklet tartalmazza

4.2.3. Kémiai vizsgálatok, elemzések, számítások

A laboratóriumban végzett vizsgálatok módszertana, valamint a felvett és mért adatok, az azokból kalkulált paraméterek teljes mértékben megegyeznek a 4.1.3. fejezetben ismerttetettekkel.

4.2.4. A statisztikai értékelés módszere

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) a Tukey post hoc tesztet használtuk. Amennyiben a Levene-teszt szignifikáns volt, megvizsgáltuk a Welch-teszt eredményét és ennek függvényében a Dunett T3 teszt eredménye alapján állapítottuk meg a szignifikanciát.

4.3. A hizlalási fázisok számának hatása a sertések termelési paramétereire és N-forgalmára (3. kísérlet)

4.3.1. Állatok és elhelyezésük

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 állatokat az ALM Kft. somogytarnócai telepéről vásároltuk, ahol a malacokat, a korábbiakhoz hasonlóan, közel azonos élősúly alapján előválogattuk. A 4 fázisos kísérlet induló élősúlya $23,4 \pm 2,2$ kg, a 6 fázisosé pedig $23,0 \pm 4,8$ kg volt. Az állatokat Keszthelyen, szalmás almozású, önetetővel, önitatóval felszerelt, 3,5 x 3,4 m-es fülkékben hizlaltuk. Az istálló hőmérsékletét 16 ± 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.

4.3.2. Kísérleti kezelések, vizsgálatok

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. A fázisok hosszát és a tápok tervezett nyersfehérje-tartalmát a 8. táblázat mutatja.

8. táblázat: A kísérleti fázisok bemutatása

Fázisok	4 fázisos				6 fázisos					
	1. fázis	2. fázis	3. fázis	4. fázis	1. fázis	2. fázis	3. fázis	4. fázis	5. fázis	6. fázis
Súlyok	20-30 kg	30-40 kg	40-80 kg	80 kg -	20-30 kg	30-40 kg	40-60 kg	60-80 kg	80-100 kg	100 kg-
Hetek	1-2	3	4-8	9-13	1-2	3	4-6	7-8	9-10	11-13
Életnap	66-80	81-87	88-122	123-157	66-80	81-87	88-108	109-122	123-136	137-157
Tervezett Nyersfehérje tartalom (%)	18,8	17	17	15	18,8	17	17	16	15	14

Az állatokat az egész kísérlet során *ad libitum* takarmányoztuk, az ivóvíz szópókás önitatókból állt a rendelkezésükre. A kísérleti tápok összetételét és mért táplálóanyag-tartalmát a 9. táblázat tartalmazza. A tápok kukorica – szójadara alapúak voltak, a hizlalás kezdetén hemoglobint, árpát és búzát is tartalmaztak. A mért nyersfehérje-tartalmak csupán kis mértékben tértek el a tervezettől.

9. táblázat: A kísérleti tápok összetétele és mért táplálóanyag-tartalma (3. kísérlet)

Összetétel (%)	20-30 kg	30-40 kg	40-80 kg	40-60 kg	60-80 kg	80-110 kg	80-100 kg	100-kg
kukorica	46,4	40,0	37,7	37,0	38,8	41,2	40,6	42,3
extrahált szója	25,3	21,9	24,1	23,8	21,2	18,8	18,5	15,8
árpa	20,0	-	31,5	31,9	33,2	34,1	34,5	35,9
búza	-	32,8	-	-	-	-	-	-
napraforgó olaj	2,6	1,5	3,7	3,9	3,8	3,5	3,7	3,6
hemoglobín	2,0	-	-	-	-	-	-	-
takarmány mész	1,3	1,3	1,1	1,2	1,1	0,9	1,0	0,9
MCP	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,6	0,5
takarmány só	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
premix*	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L-lizin HCL	0,4	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1
DL metionin	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	-	0,05	-
L-treonin	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	-	-	-
L-valin	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-
összesen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Mért táplálóanyag-tartalom (%) és energia-tartalom (MJ/kg)								
DE	14,52	14,34	14,19	14,30	14,30	14,14	14,12	14,15
szárazanyag	91,14	90,45	89,21	89,83	90,38	88,91	88,74	89,50
nyersfehérje	18,80	17,04	17,16	17,19	16,68	15,49	14,81	13,67
nyerszsír	4,92	3,84	5,92	6,25	5,83	5,67	5,77	5,94
nyersrost	3,35	2,74	3,61	3,92	3,26	3,61	3,98	3,57
nyersshamu	5,11	4,91	5,11	5,04	4,73	4,72	4,22	4,72
lizin	1,24	1,14	1,14	1,16	1,10	0,98	0,88	0,78
metionin	0,47	0,40	0,39	0,41	0,39	0,35	0,35	0,32
metionin+cisztin	0,79	0,71	0,68	0,72	0,67	0,62	0,60	0,55
treonin	0,82	0,77	0,78	0,81	0,75	0,69	0,66	0,58
valin	0,82	0,77	0,80	0,77	0,74	0,72	0,74	0,65
arginin	1,18	1,11	1,07	1,09	1,06	0,91	0,89	0,85
Ca	0,70	0,67	0,68	0,68	0,67	0,60	0,64	0,72
P	0,50	0,49	0,50	0,48	0,50	0,44	0,46	0,50

*a premix pontos összetételét a 2. számú melléklet tartalmazza

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).

4.3.3. Kémiai vizsgálatok, elemzések, számítások

A laboratóriumban végzett vizsgálatok módszertana, teljes mértékben megegyeznek a 4.1.3. fejezetben ismertetettekkel.

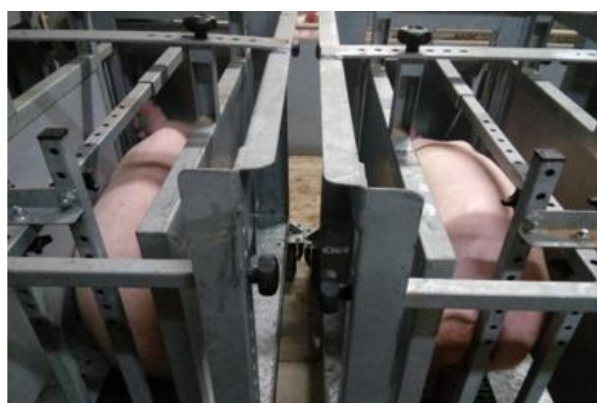
4.3.4. A statisztikai értékelés módszere

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

4.4. Engedélyek

Az állatkísérleteket a Zala Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Földhivatali Főosztálya által kiállított engedélye szerint végeztük (ügyiratszám: **ZAI/040/01010-7/2018**).

A kísérleti telep (1. kép) működési engedélyének száma: **ZAI/040/00663-3/3/2018**.



1. kép: A MATE-GC kísérleti telepe (saját fotó)

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. Csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésének hatása különböző genotípusú és korú hizósertések N-forgalmi paramétereire (1. kísérlet)

Az anyagforgalmi kísérletek során a különböző kezelések összehasonlításának alapja, hogy a vizsgált állatok csoportjai között a kiinduláskor ne legyen különbség. A 10. táblázatban jól látható, hogy az anyagcsereketrecbe állítás kezdetén a különböző kezelési csoportok élősúlya között nem volt szignifikáns eltérés ($p < 0,05$). Az állomány tehát egyöntetű volt a vizsgált élősúly kategóriákban, mindkét genotípus esetében.

10. táblázat: A kísérlet kezdetén mért élősúlyok (kg)

Súlykategória	"A" genotípus			"B" genotípus		
	Kontroll	Kezelés 1	Kezelés 2	Kontroll	Kezelés 1	Kezelés 2
20-30 kg	26,70±0,62	26,55±0,57	26,75±0,29	27,63±0,74	27,27±0,70	26,67±0,63
30-40 kg	37,35±0,48	37,42±0,60	36,77±0,37	35,30±0,98	34,28±1,03	34,05±0,37
40-80 kg	61,92±0,67	61,43±0,91	61,57±0,51	63,60±1,30	60,70±1,10	59,90±0,88
80 kg<	91,70±0,70	91,83±1,47	91,75±0,66	93,24±0,80	89,48±3,00	88,84±1,46

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

1. fázis: 20-30 kg; 2. fázis: 30-40 kg; 3. fázis: 40-80 kg; 4. fázis: 80-110 kg

5.1.1. A „B” genotípusú sertésekkel végzett nitrogénforgalmi vizsgálatok eredményei

A bélsárral ürített N mennyiségének változása az irodalmi adatok alapján várt tendenciák szerint alakult. Az összes N-ürítés szignifikánsan kisebb volt a csökkentett fehérjetartalmú tápokot fogyasztó sertésekben minden fázis esetében a kontrollcsoportéhoz viszonyítva. A két fehérjecsökkentett kezelés között, a harmadik fázist kivéve, nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést. A 3%-kal csökkentett nyersfehérje-tartalmú táp etetése nem redukálta a bélsárral ürített N mennyiségét, sőt a 40-80 kg közötti súlykategóriában szignifikánsan nagyobb volt ez az érték az 1. kezeléshez (-1,5% nyersfehérje) viszonyítva. A 11. táblázatból jól látszik, hogy a kor előrehaladtával az ürített N mennyiségek folyamatosan nőnek. A kisebb fehérjetartalmú tápoknak a nagyobb élősúly kategóriákban van nagyobb hatása a bélsárral ürített nitrogén mennyiségére.

11. táblázat: A Magyar Nagyfehér sertésekkel végzett kísérlet eredményei (átlag, std. error)

Élősúly kategóriák	Kezelés	N-felvétel (g/nap)	Bélsárral ürített N (g/nap)	N emészthetősége (%)	Vizelettel ürített N (g/nap)	Összes N ürítés (g/nap)	Összes N ürítés (kg/állat/év)	TAN (%)	N-retenció (%)
20-30 kg	Kontroll	41,25	5,88 ^a ±0,16	85,74 ^b ±0,40	8,88 ^a ±0,89	14,76 ^a ±0,98	5,39 ^a ±0,36	59,44 ^a ±2,34	64,23 ^b ±2,38
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	40,58	4,62 ^b ±0,39	88,61 ^a ±0,96	5,50 ^b ±0,67	10,13 ^b ±0,81	3,70 ^b ±0,30	53,87 ^a ±3,37	75,05 ^a ±1,99
	2. kezelés (-3% ny.f.)	30,58	4,86 ^b ±0,20	84,11 ^b ±0,67	3,77 ^b ±0,18	8,63 ^b ±0,20	3,15 ^b ±0,07	43,68 ^b ±1,90	71,79 ^{ab} ±0,64
30-40 kg	Kontroll	48,66	8,76 ^a ±0,39	81,99±0,81	11,22 ^a ±0,74	19,99 ^a ±0,91	7,29 ^a ±0,33	55,95 ^{ab} ±1,91	58,93 ^b ±1,86
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	39,83	6,41 ^b ±0,40	83,92±1,01	9,71 ^a ±1,00	16,11 ^b ±1,07	5,88 ^b ±0,39	59,72 ^a ±3,03	59,55 ^b ±2,69
	2. kezelés (-3% ny.f.)	37,09	6,33 ^b ±0,36	82,94±0,98	5,60 ^b ±0,75	11,93 ^c ±0,60	4,36 ^c ±0,22	46,25 ^b ±3,96	67,83 ^a ±1,62
40-80 kg	Kontroll	62,88	10,27 ^a ±0,50	83,67 ^b ±0,79	14,32 ^a ±0,82	24,59 ^a ±0,90	8,98 ^a ±0,33	58,18±1,94	60,89±1,43
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	46,08	5,19 ^c ±0,27	88,73 ^a ±0,60	9,30 ^b ±1,34	14,50 ^b ±1,30	5,29 ^b ±0,47	63,37±3,39	68,54±2,81
	2. kezelés (-3% ny.f.)	51,36	8,27 ^b ±0,63	83,91 ^b ±1,23	9,30 ^b ±1,19	17,57 ^b ±1,19	6,41 ^b ±0,43	52,39±3,62	65,79±2,31
80-110 kg	Kontroll	81,78	19,01 ^a ±0,98	76,75 ^b ±1,20	23,97 ^a ±2,88	42,98 ^a ±2,40	15,69 ^a ±0,88	55,10 ^b ±3,78	47,44±2,93
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	52,79	8,30 ^b ±0,72	84,27 ^a ±1,37	13,71 ^b ±1,54	22,01 ^b ±1,71	8,03 ^b ±0,63	61,89 ^{ab} ±2,89	58,30±3,24
	2. kezelés (-3% ny.f.)	47,60	7,55 ^b ±0,62	84,15 ^a ±1,31	15,67 ^b ±1,09	23,21 ^b ±1,22	8,47 ^b ±0,45	67,41 ^a ±2,40	51,24±2,57

ny.f.: nyersfehérje; a, b, c: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek ($p < 0,05$)

A N emészthetőség szempontjából az első fázis kettes kezelését kivéve a fehérjecsökkentett tápok etetése esetében kaptunk jobb eredményeket. Eredményeink alapján a 1,5%-kal csökkentett fehérjetartalmú táppal mért értékek kedvezőbbek voltak. A legkisebb emészthetőséget a 4. fázis kontroll csoportjában mértük (76,75%), ezt kivéve minden esetben 80% feletti N emészthetőségi értékeket kaptunk. Az emészthetőség javulásának hátterében az állhat, hogy a csökkentett fehérjetartalmú tápok receptúrájának kialakítása növekvő arányú kristályos aminosav-kiegészítővel történt. A kristályos aminosavak felszívódása pedig, közel 100%-os, ami lényegesen jobb, mint a takarmányfehérjéké (CHUNG et al. 1992, YANG et al. 2020). Továbbá, valószínűleg az is szerepet játszik a tapasztalt javulásban, hogy az alacsonyabb nyersfehérje szintű takarmány etetése során is ugyan annyi emésztőenzim áll rendelkezésre a szervezet számára.

A vizelettel ürített N mennyiségére a tápok nyersfehérje-tartalma szignifikáns hatást gyakorolt. A csökkentett fehérjetartalmú tápokot fogyasztó sertések, a második fázis egyes kezelését kivéve, minden fázis esetében szignifikánsan kisebb mennyiségű N-t ürítettek a vizelettel a kontrollcsoporthoz viszonyítva. A 3%-os fehérjecsökkentés a fiatalabb állatok esetében eredményezett további csökkenést. A két kezelés között, a második fázist kivéve, nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

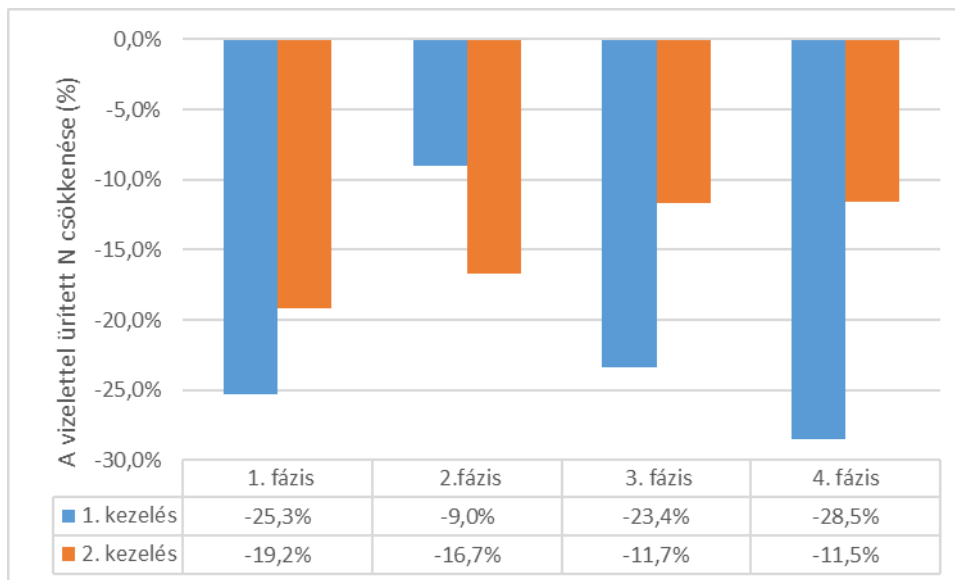
Az összes ürített N mennyisége a csökkentett fehérjetartalmú tápokot fogyasztó sertésekben minden fázisban szignifikánsan kisebb volt, mint a kontrollcsoportban. A két fehérje-csökkentett kezelés között, a második fázist kivéve, nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést. Hazánkban jelenleg 8,6 kg/sertés/év N ürítéssel számolunk az ammónia leltár készítésekor a 20-50 kg közötti sertéseknél, míg 12,5 kg/állat/év értékkel a nagyobb súlyú, 50 kg-ot meghaladó állatoknál (EMEP/EEA EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK 2015). Az általunk mért N-ürítési adatok az 50 kg feletti kategóriára átszámítva (Benedek és mtsai. (2016) képlete alapján) jól egyeznek a hazai leltárszámítás során használt értékkel (12,5 ill. 12,13 kg/év/állat). A fiatalabb hízók és malacok esetében azonban a mért érték kisebb a jelenleg használnál (20-50 kg 8,6 ill. 6,88 kg/év/állat). A tápok fehérjecsökkentése korcsoportonként eltérő mértékben 30-46%-ban képes csökkenteni az összes N-ürítést.

Az ürített összes nitrogénen belül a vizelettel ürülő ammónia képződésében szerepet játszó nitrogénhányad (TAN), a hazai leltárkészítésben 70%-os (EMEP/EEA EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK 2015) értékkel szerepel valamennyi korcsoportban. Eredményeink szerint ez a valóságban, a 3. fázis 1. kezelését és a 4. fázis 2. kezelését kivéve, szignifikánsan kisebb értéket jelent és nagysága élősúly kategóriánként és a táp fehérjetartalmának függvényében is változik. Kísérletünk során a kontroll csoportban is csupán 55-59%-os TAN

értékeket kaptunk. A TAN értékét eredményeink alapján a 3%-os fehérjecsökkentett tápok etetése befolyásolta leginkább. A 4. fázis kivételével ennél a kezelésnél 44-52%-os TAN arányokat mértünk.

A 11. táblázatban jól látható, hogy a kisebb fehérjetartalmú tápot fogyasztó állatok N-retenciója minden fázisban kedvezőbb volt a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Szignifikáns különbség az egyes kezelés esetében az első fázisban, a kettes kezelés esetében pedig a második fázisban volt. A kapott eredmények részben az emészthetőség javulásával, részben pedig a vizelettel ürített N kisebb mennyiségével magyarázhatók. Az ammóniaeltár számításakor jelenleg hazánkban egységesen 34%-os N-retencióval számolunk a 20-50 kg közötti és az 50 kg-nál nagyobb hízó sertéseknél. Eredményeink alapján ezek az értékek lényegesen kedvezőbbek, amit egyéb más irodalmi adatok is megerősítenek (MROZ et al. 2000, GLOAGUEN et al. 2014). A 20-50 kg-os korcsoportban B genotípus esetén 62%, az 50 kg-nál nagyobb súlyú hízóknál 54,5%-os retenciót mértünk. Az állatok N-visszatartását további 4,4-9,2%-kal javítja a fehérjecsökkentett tápok etetése.

Eredményeink irodalmi adatokkal való összevetését nehezíti, hogy a szerzők általában egy korcsoporttal végezték el kísérleteiket és a legtöbb esetben hiányzik a használt genotípus ismertetése. Eredményeink azonban, részben összevethetőek FIGUEROA et al. (2000) által végzett vizsgálatok adataival. Nevezett szerző 40,8 kg súlyú, keresztezett sertéseket etettek 14% nyersfehérjetartalmú aminosavakkal komplettált táppal. Az így kapott eredményeik összevethetőek a mi kísérletünk 2. korcsoportjának kísérleti takarmányt fogyasztó állatainak adataival. Ők az adott kategóriában 60,86% N-retenciót, 86,51% emészthetőséget, 4,73 g/nap bélsár N ürítést és 8,98 g/nap vizelet N ürítést kaptak, mely adatok jól egyeznek eredményeinkkel.

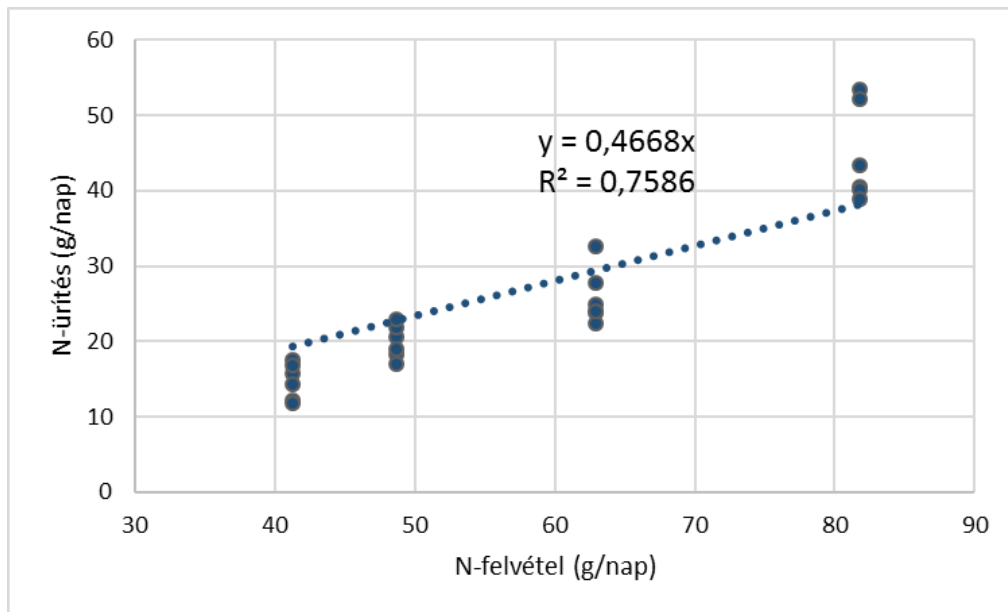


1. kezelés: -1,5% nyersfehérje tartalom; 2. kezelés: -3% nyersfehérje tartalom
 1. fázis: 20-30 kg; 2. fázis: 30-40 kg; 3. fázis: 40-80 kg; 4. fázis: 80-110 kg

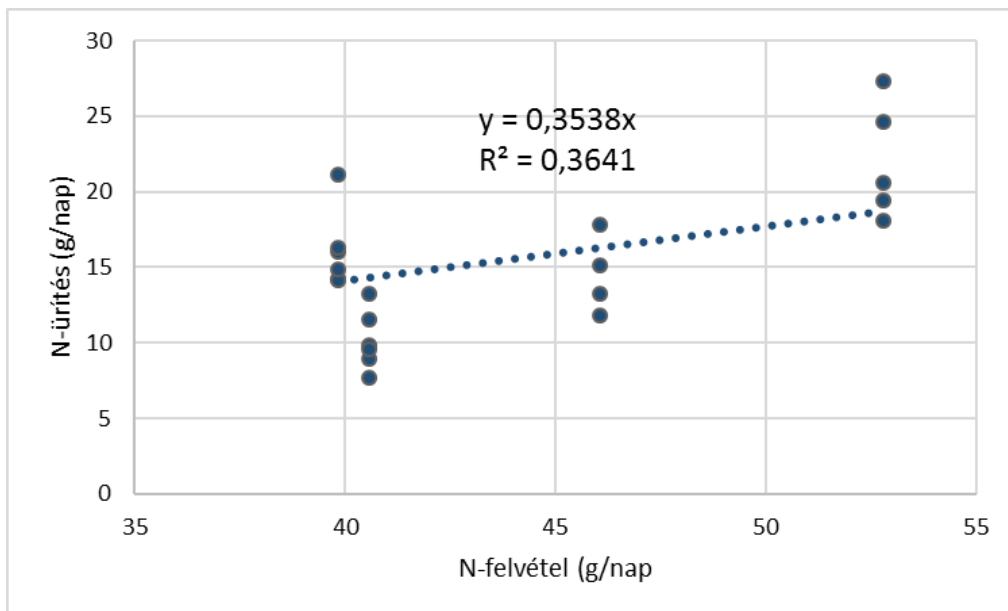
12. ábra: A kisebb fehérjetartalmú tápok 1%-os nyersfehérje csökkentésre korrigált, relatív hatása a vizelettel ürülő N mennyiségére a kontrollcsoporthoz viszonyítva „B” genotípusú sertésekben

Az irodalmi adatok (SCHUTTE et al. 1993, CANH et al. 1998b, KERR 2003, DUBLECZ 2011, BITTMAN et al. 2014, BAT 2015, WANG et al. 2018) 1%-os táp fehérjecsökkentés esetén 10%-kal kisebb mennyiségű vizelettel ürített N-ről és hasonló nagyságrendű ammóniaemisszió csökkenésről számolnak be. Esetünkben az 1%-os fehérjecsökkentésre vonatkozó vizelet N ürítés csökkenés 9,0 és 28,5% között változott a különböző korcsoportokban (12. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a fehérjecsökkentés nagysága nem egyenes arányban befolyásolta a vizelettel ürített N mennyiségét a kontrollcsoporthoz viszonyítva. A 1,5%-os kezelés relatíve hatékonyabb volt. A 3%-kal kisebb fehérjetartalom ugyan abszolút értékben nagyobb csökkenést eredményezett, de a 1,5% feletti fehérjecsökkentés további pozitív hatása nem additív.

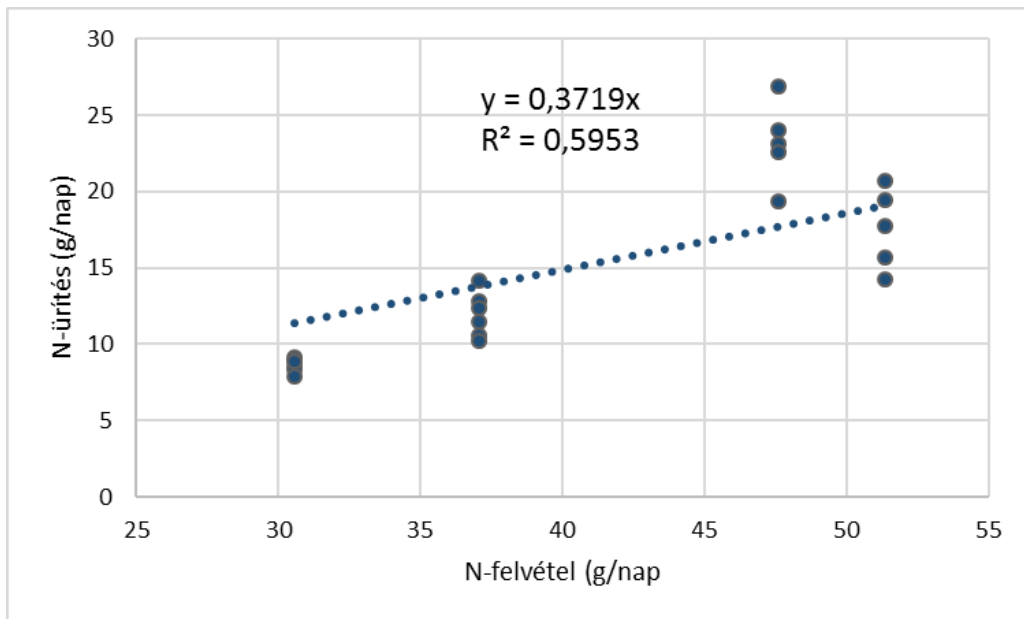
A kísérlet adataiból kezelésenként elvégeztük a N-felvétel és N-ürítés összefüggés vizsgálatát is (13-15. ábra). A lineáris regressziós egyenletek együtthatója segítségével becsülni lehet az adott fehérjetartalomhoz tartozó N-ürítést. A következő ábrákon látható, hogy míg a kontrollcsoportban 1 g N felvétel az életkor előrehaladtával 0,47 g N-ürítést eredményezett, addig a fehérjecsökkentett kezeléseknél már csupán 0,36 és 0,37 g volt az ürített N. A fehérjecsökkentett tápoknál kapott két meredekséget T- illetve Z teszttel is összehasonlítottuk. A meredekségek között nem kaptunk szignifikáns eltérést, ami azt jelenti, hogy ennél a genotípusnál egy egyenlettel lehet becsülni a N-ürítést a fehérjecsökkentett tápok esetében. Ennek az eredménynek az a jelentősége, hogy a N-felvétel ismeretében becsülhető a sertések N-ürítése, ami az ammónia leltár számítás első fontos lépése.



13. ábra: A kontrollcsoport állatainak („B” genotípus) N-felvétele és N-ürítése (g/nap)



14. ábra: Az 1,5%-kal kisebb nyersfehérje-tartalmú táp (1. kezelés) etetésekor a sertések („B” genotípus) N-felvétele és N-ürítése (g/nap) közötti kapcsolat



15. ábra: A 3%-kal kisebb nyersfehérje-tartalmú táp (2. kezelés) etetésekor a sertések („B” genotípus) N-felvétele és N-ürítése (g/nap) közötti kapcsolat

5.1.2. Az „A” genotípusú sertésekkel végzett nitrogénforgalmi vizsgálatok eredményei

A bélsárral ürített N mennyiségének alakulása a „B” genotípusú sertéseknél tapasztaltakhoz hasonlóan alakult. A 12. táblázatból jól látható, hogy a kisebb fehérjefelvétel nem csupán a hasznosulást, hanem a bélsárral távozó fehérje mennyiségét is befolyásolja. A csökkentett fehérjetartalmú tápok fogyasztó állományokban a 3. fázis 1. kezelését kivéve, minden fázisban kisebb volt a bélsárral ürített N mennyisége a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Az ürítés mértékének különbsége a második fázis mindkét kezelése, illetve a harmadik fázis kettős kezelése esetében statisztikailag is igazolható volt. A két fehérjecsökkentett kezelés között, a harmadik fázist kivéve, nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést.

12. táblázat: A Danbred sertésekkel („A” genotípus) végzett kísérlet eredményei (átlag, std. error)

Élősúly kategóriák	Kezelés	N felvétel (g/nap)	Bélsárral ürített N (g/nap)	N emészthetőség (%)	Vizelettel ürített N (g/nap)	Összes N ürítés (g/nap)	Összes N ürítés (kg/állat/év)	TAN (%)	N retenció (%)
20-30 kg	Kontroll	41,72	6,40±0,53	84,65±1,27	16,19±1,06	22,59±1,46	8,25±0,53	71,72±1,29	45,86±3,50
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	39,12	5,68±0,47	85,49±1,12	13,68±1,30	19,36±1,21	7,07±0,44	70,10±3,01	50,62±2,63
	2. kezelés (-3% ny. f.)	36,04	5,72±0,46	84,14±1,28	14,28±1,90	20,00±1,88	7,30±0,68	70,17±3,38	44,50±5,21
30-40 kg	Kontroll	52,18	8,50 ^a ±0,59	83,70±1,13	14,36 ^a ±0,61	22,87 ^a ±0,92	8,35 ^a ±0,34	62,89±1,83	56,18±1,77
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	46,04	6,71 ^b ±0,46	85,44±0,90	11,52 ^{ab} ±0,85	18,23 ^b ±0,76	6,65 ^b ±0,28	62,96±2,82	60,30±2,02
	2. kezelés (-3% ny. f.)	40,08	6,76 ^b ±0,31	83,06±0,91	9,49 ^b ±1,10	16,25 ^b ±1,20	5,93 ^b ±0,44	57,60±2,72	59,19±3,55
40-80 kg	Kontroll	80,06	11,57 ^{ab} ±1,13	85,55 ^a ±1,41	30,54 ^a ±2,13	42,10 ^a ±1,78	15,37 ^a ±0,65	72,26 ^a ±2,89	47,41 ^b ±2,23
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	72,44	13,80 ^a ±1,05	80,95 ^b ±1,45	19,47 ^b ±1,98	33,27 ^b ±1,54	12,14 ^b ±0,56	57,98 ^b ±3,83	54,07 ^{ab} ±2,13
	2. kezelés (-3% ny. f.)	65,19	10,06 ^b ±0,56	84,58 ^{ab} ±0,78	17,91 ^b ±1,39	27,97 ^b ±1,36	10,21 ^b ±0,50	63,70 ^{ab} ±2,48	57,07 ^a ±2,02
80-110 kg	Kontroll	94,86	14,75±0,79	84,43±0,83	37,50 ^a ±2,99	52,26 ^a ±2,53	19,07 ^a ±0,92	71,21±2,69	44,97±2,21
	1. kezelés (-1,5% ny.f.)	85,48	13,13±0,38	84,64±0,44	32,71 ^{ab} ±3,52	45,84 ^{ab} ±3,33	16,73 ^{ab} ±1,22	70,34±2,90	46,37±3,90
	2. kezelés (-3% ny. f.)	77,16	12,92±0,59	83,26±0,77	23,37 ^b ±1,23	36,28 ^b ±1,49	13,24 ^b ±0,54	64,28±1,35	52,97±1,93

ny.f.: nyersfehérje; a, b: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek ($p < 0,05$)

A korábbi kísérlethez hasonlóan, itt is jól megfigyelhetőek a korcsoportok közötti N-ürítési különbségek. Látható, hogy a takarmányfelvétel növekedésével, a bélsárral ürített N mennyisége is folyamatosan nő.

A N emészthetőség szempontjából a harmadik fázis egyes kezelését kivéve nem tapasztaltunk statisztikailag igazolható különbséget a három kísérleti táp összehasonlítása során. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az állatok fehérjeemésztő enzimtermelése kielégítő volt, az emésztőképességet az elfogyasztott fehérje mennyisége nem befolyásolta az „A” genotípusú sertéseknél.

A vizelettel ürített N mennyisége a csökkentett fehérjetartalmú tápok fogyasztó sertésekben az első fázist, a második, illetve negyedik fázis 1. kezelését kivéve, minden fázis esetében statisztikailag kisebb volt a kontrollcsoportéhoz képest. A 3%-os fehérjecsökkentés az első fázist kivéve, minden korcsoport esetében további csökkenést eredményezett, de ezek a különbségek a vizeletürítés és annak N-tartalmának magas szórásértékei miatt nem voltak szignifikánsak. A táblázatban a bélsárral ürített N mennyiségek alakulásához hasonlóan, jól megfigyelhető a korcsoportok közötti N ürítési különbség. A kor előrehaladtával itt is nőnek az ürített N mennyiségek és a tápok fehérjetartalmának az idősebb állatoknál van nagyobb hatása a vizelettel ürített nitrogénre.

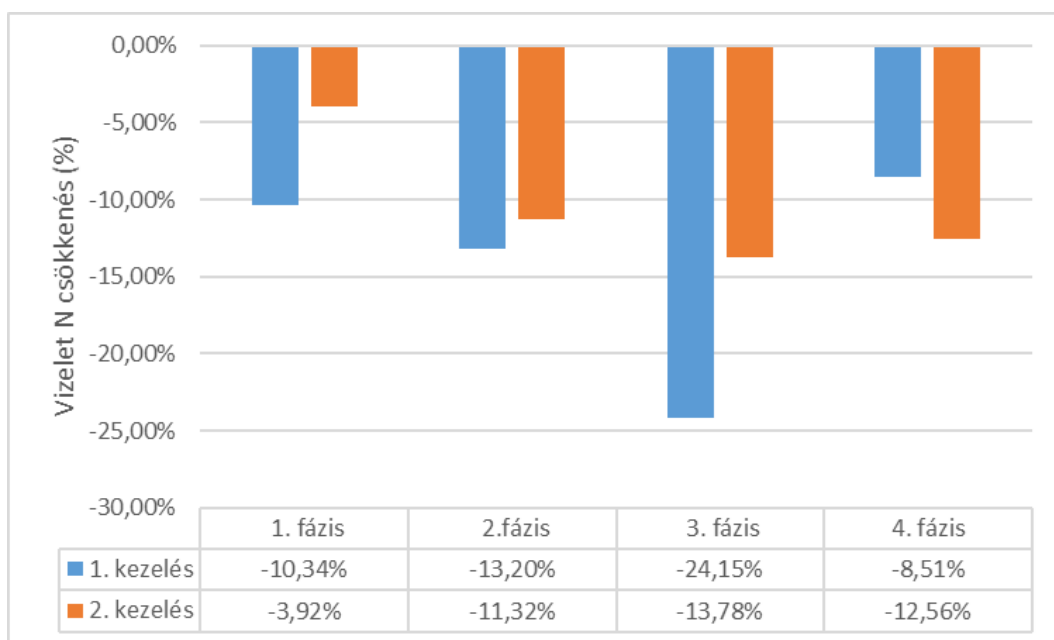
Az összes N ürítést, a bélsárral és a vizelettel ürített N összegeként számítottuk ki. A csökkentett fehérjetartalmú tápok fogyasztó sertésekben, az egyes fázis, valamint a negyedik fázis 1. kezelését kivéve, minden esetben statisztikailag kisebb ürítési értéket kaptunk, mint a kontrollcsoportban. A két fehérje-csökkentett kezelés között nem találtunk különbséget. Miután az ammóniaemisszió kalkulációjakor az állatok éves N-ürítéséből indul ki a számítás, a napi N-ürítéseket éves szintre is átszámítottuk. Természetesen a kapott értékek trendje teljes egészében megegyezik a napi ürítéssel, csupán a dimenzióban van eltérés. Ahogy azt már korábban említettük, hazánkban jelenleg 8,6 kg/sertés/év N ürítéssel számolunk az ammónia leltár készítésekor a 20-50 kg közötti sertéseknél, míg 12,5 kg/állat/év értékkel a nagyobb súlyú (50 kg <) állatoknál. Az általunk, a kontrollcsoport esetében mért N-ürítési adatok fiatalabb hízók és malacok esetében jól egyeznek a hazai leltárszámítás során használt értékkel. Az 50 kg feletti kategória esetében azonban a mért érték nagyobbak a jelenleg használnál. A tápok fehérjecsökkentése korcsoportonként eltérő mértékben 12-34%-ban képes csökkenteni a N-ürítést.

Mint már korábban is jeleztem az ammóniaemissziót befolyásoló legfontosabb takarmányozási lehetőség, a vizelettel ürített nitrogén arányának csökkentése. A vizeletben

ugyanis a nitrogén karbamid formájában van jelen, ami a képződő ammónia legfőbb prekursora. Eredményeink alapján a tápok fehérjetartalma nem befolyásolta a vizelet eredetű N %-os arányát a fiatal malacoknál (20-30 kg), illetve mindhárom csoportban 70% fölötti TAN arányt találtunk. A 30-40 kg súlyú sertésekben a kisebb fehérjetartalmú táp etetése ugyancsak nem idézett elő szignifikáns változást ennél a paraméternél, de értéke kisebb volt, 57,6 és 62,9% között mozgott. Az ebben a fázisban kapott eredmények a kontroll és a 2. kezelés esetében statisztikailag igazolhatóan is kedvezőbbek voltak az aktuális, ammónia emissziós leltár során használt, kibocsátási értékhez viszonyítva. Az idősebb, 40 kg fölötti sertéseknél a kontrollcsoportban ismét 70% fölötti TAN értéket kaptunk. A 40-80 kg súlykategória esetében a 1,5%-kal csökkentett nyersfehérje-tartalmú táp etetések szignifikánsan kisebb volt a vizelettel ürülő N aránya a kontroll csoporthoz, valamint az aktuális kibocsátási értékhez viszonyítva. A 80 kg fölötti sertésekben a TAN értékében nem találtunk szignifikáns különbséget az egyes csoportokban, a legkisebb a 3%-kal csökkentett nyersfehérje-tartalmú táp etetésekor volt (64,28%), mely szintén szignifikánsan eltér az aktuális kibocsátási értékektől.

A leltárszámítás során az ürített N mennyiségét szorozzuk be annak TAN tartalmával, majd ebből származtatjuk a további NH₃ emissziót, ami a trágyakezeléssel, tárolással és kijuttatással áll összefüggésben. Jelenleg a sertés esetében valamennyi korcsoportnál és hasznosítási típusnál 70%-os TAN értékkel számolunk. Ez az érték, a 30-40 kg-os súlykategóriát kivéve, megegyezik a vizsgálataink során kapott kontrollcsoportra vonatkozó adatokkal, azonban nagysága korcsoportonként és a táp fehérjetartalmának függvényében változik. Eredményeink alapján, az „A” genotípusú sertéseknél, az átlagos fehérjetartalmú tápokot fogyasztó állományoknál reális a 70%-os TAN érték. A csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésekor azonban 60 - 65%-os TAN használata lenne indokolt. A fehérjecsökkentési szintek között, e tekintetben nem kaptunk számottevő különbséget.

A 12. táblázatban jól látható, hogy a kisebb fehérjetartalmú tápot fogyasztó állatok N-retenciója, az első fázisban a 2. kezelést kivéve, minden esetben jobb volt, mint a kontrollé. Szignifikáns különbséget csak a harmadik fázisban a 2. kezelésnél figyelhettünk meg. A kapott eredmények a csökkentett fehérjetartalmú tápokot fogyasztó állatok kisebb bélsár és vizelet N ürítésével magyarázhatók. Az ammónia leltár számításakor jelenleg hazánkban 34%-os N-retencióval számolunk a 20-50 kg-os és az 50 kg-nál nagyobb hízó sertéseknél. Eredményeink alapján ezek az értékek az „A” genotípusú sertések esetében is lényegesen nagyobbak, amit más irodalmi adatok is megerősítenek (MROZ et al. 2000, GLOAGUEN et al. 2014).



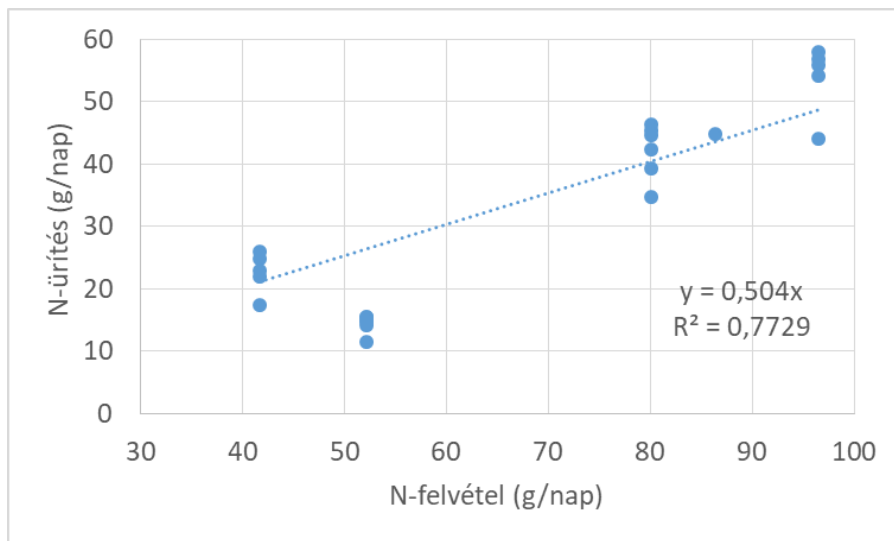
1. kezelés: -1,5% nyersfehérje tartalom; 2. kezelés: -3% nyersfehérje tartalom
 1. fázis: 20-30 kg; 2. fázis: 30-40 kg; 3. fázis: 40-80 kg; 4. fázis: 80-110 kg

16. ábra: A kisebb fehérjetartalmú tápok 1%-os nyersfehérje csökkentésre korrigált, relatív hatása a vizelettel ürülő N mennyiségére a kontrollcsoporthoz viszonyítva „A” genotípusú sertésekben

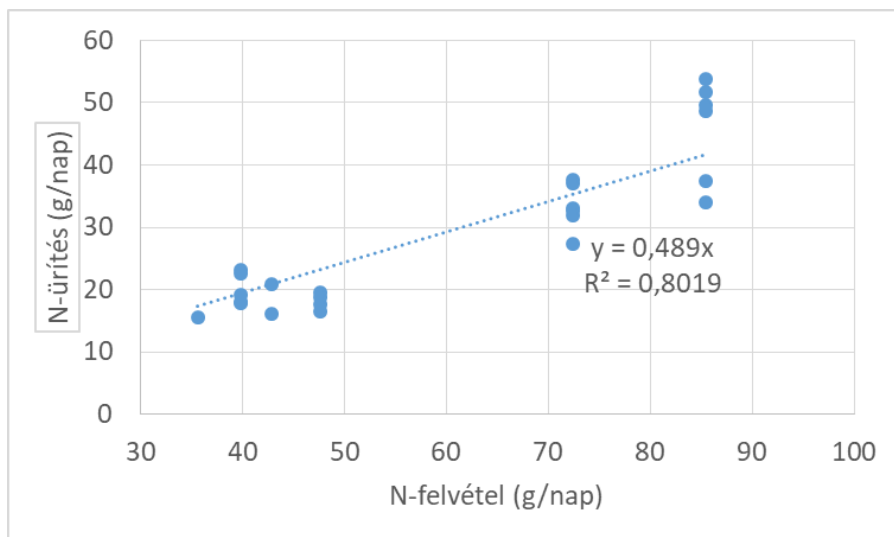
Mint már korábban említettem, az irodalmi adatok (SCHUTTE et al. 1993, CANH et al. 1998b, KERR 2003, DUBLECZ 2011, BITTMAN et al. 2014, BAT 2015, WANG et al. 2018) 1%-os táp fehérjecsökkentés esetén 10%-kal kisebb vizelet N ürítésről és hasonló nagyságrendű ammóniaemisszió csökkenésről számolnak be. Esetünkben a 1,5, illetve 3%-kal kisebb fehérjetartalmú táp etetésekor a kontrollhoz viszonyítva a vizelettel ürülő N mennyisége 3,92 és 24,15%-kal volt kisebb a különböző korcsoportokban (16. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a fehérjecsökkentés nagysága ennél a genotípusnál sem egyenes arányban befolyásolja ezt a paramétert. A 1,5%-os csökkentésnél nagyobb, 3%-os fehérjeszint mérséklés, az MNF hízókhöz hasonlóan, nem additív módon befolyásolta a vizelettel távozó N nagyságát. Ezt mindenképpen figyelembe kell venni, amikor a táp fehérjetartalmának ammóniaemissziót befolyásoló hatását elemezzük. Eredményeink alapján a fiatal malacoknál 3%-os fehérje szint csökkenés esetén már csupán 4%-os további vizelet N ürítés prognosztizálható. A többi korcsoportnál a 3% fehérjecsökkentés esetén is alkalmazható a százalékonkénti 10%-os vizelet N redukció. A Danbred sertéseknél kisebb volt a különbség a két kezelés között, mint a MNF hízóknál.

A kísérlet adataiból a DB sertések esetében is elvégeztük a N-felvétel és N-ürítés összefüggés vizsgálatát (17-19. ábra). A következő ábrákon látható, hogy míg a kontrollcsoportban az 1 g N-felvételre vonatkozó N-ürítés 0,504 g volt, addig a kisebb fehérjetartalmú tápok etetésekor az 1. kezelés esetében 0,489 g, a 2. kezelésben pedig 0,457 g volt az ürített N. Európában, Belgiumban korcsoportonként hasonló lineáris regressziós

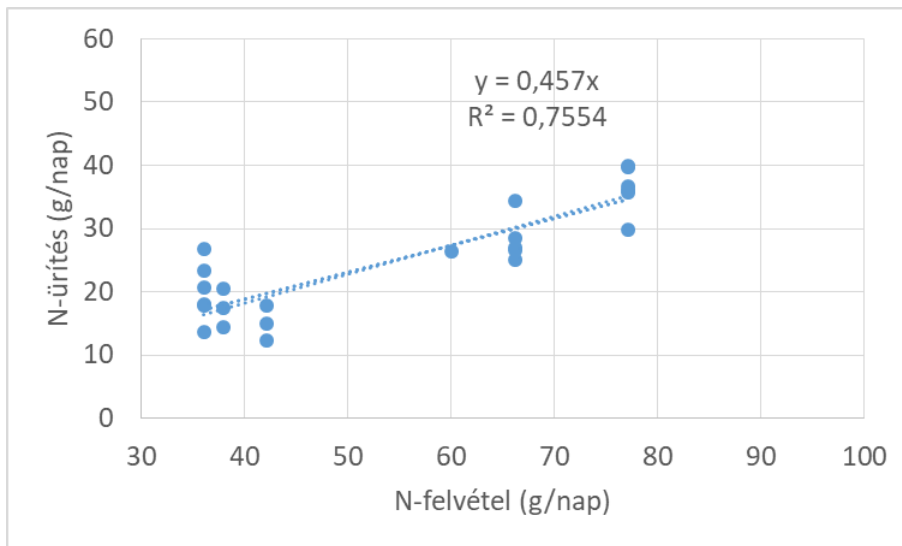
egyenleteket használnak a sertések N-ürítésének becslésére az ammóniaeltár készítésekor (BAT 2015).



17. ábra: A kontrollcsoport állatainak („A” genotípus) N-felvétele és N-ürítése (g/nap)



18. ábra: Az 1,5%-kal kisebb nyersfehérje-tartalmú táp (1. kezelés) etetésekor a sertések („A” genotípus) N-felvétele és N-ürítése (g/nap) közötti kapcsolat



19. ábra: A 3%-kal kisebb nyersfehérje-tartalmú táp (2. kezelés) etetésekor a sertések („A” genotípus) N-felvétele és N-ürítése (g/nap) közötti kapcsolat

5.1.3. Az 1. kísérlet eredményeinek háromtényezős értékelése

Az 1. kísérlet során kapott adatokat komplex módon, a három tényező (genotípus, takarmányozás, élősúly) hatásának együttes figyelembevételével is kiértékeljük. Kapott eredményeinket a 13. táblázat, az egyes befolyásoló tényezők hatásnagyságának vizsgálati eredményeit pedig az 5. számú melléklet tartalmazza. A sertések esetében a bélsárral és vizelettel ürített nitrogén mennyiségét, továbbá a vizelet N arányát valamennyi vizsgált tényező szignifikáns módon befolyásolta. A tényezők között az esetek többségében szignifikáns kölcsönhatás is volt. A szignifikáns eltéréseken túl, az egyes értékelt paramétereknél a különböző tényezők nem azonos súllyal befolyásolták az eredményeket.

13. táblázat: Az 1. kísérlet komplex értékelésének eredményei

	N-felvétel (g/nap)	Bélsárral ürített N (g/nap)	N emészthetőség (%)	Vizelettel ürített N (g/nap)	Összes N ürítés (g/nap)	TAN (%)	N-retenció (%)
20-30 kg	38,22 ^d	5,53 ^d ±0,24	85,47 ^a ±0,4	10,38 ^c ±0,65	15,91 ^c ±0,62	61,50 ^{ab} ±1,15	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	17,56 ^c ±0,61	57,56 ^b ±1,13	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	26,67 ^b ±0,65	61,31 ^{ab} ±1,21	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	37,10 ^a ±0,64	65,04 ^a ±1,81	50,22 ^b ±1,10
Danbred	60,87 ^a	9,67 ^a ±0,17	84,16 ^a ±0,3	20,09 ^a ±0,46	29,75 ^a ±0,43	66,27 ^a ±0,80	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	18,87 ^b ±0,46	56,44 ^b ±0,85	62,47 ^a ±0,79
Kontroll	62,92 ^a	10,64 ^a ±0,21	83,31 ^b ±0,4	19,62 ^a ±0,57	30,27 ^a ±0,54	63,34 ^a ±1,01	53,24 ^b ±0,94
Kezelés 1	52,8 ^b	7,98 ^b ±0,21	85,26 ^a ±0,4	14,45 ^b ±0,58	22,43 ^b ±0,55	62,53 ^a ±1,02	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	20,23 ^c ±0,54	58,19 ^b ±1,00	58,80 ^a ±0,93
p-érték: <0,05							
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	0,0001	0,001	0,0001
GxÉ	0,0001	0,0001	0,001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
GxK	0,0001	0,0001	0,0001	0,276	0,016	0,042	0,479
ÉxK	0,0001	0,0001	0,061	0,009	0,0001	0,037	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

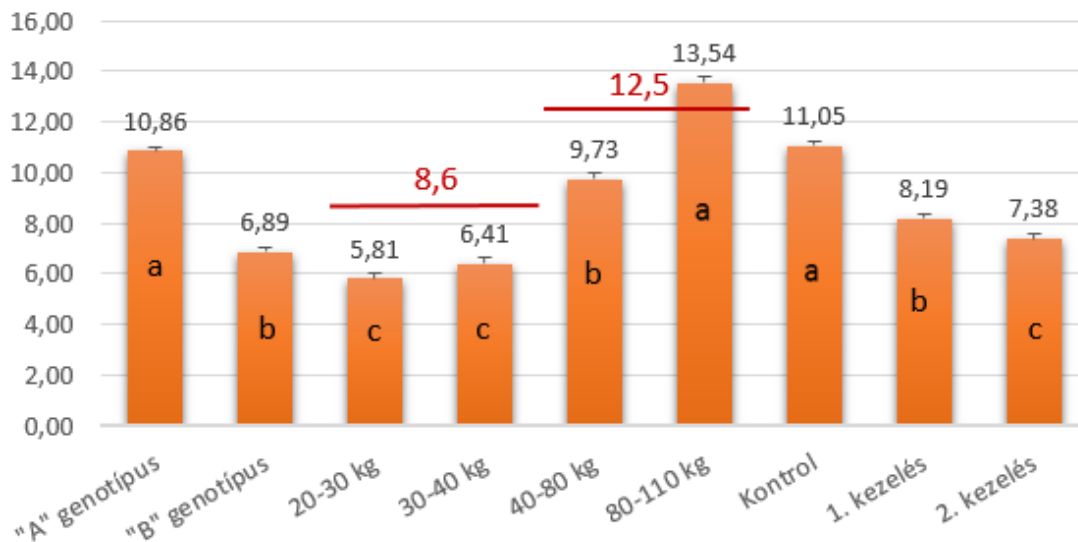
G: genotípus; É: élősúly; K: kezelés

A bélsárral ürített N nagyságára például a sertések súlyának volt a legnagyobb hatása ($r^2=0,812$) az élősúllyal párhuzamosan növekvő takarmányfehérje felvétel miatt. Az állatok élősúlyát követően a tápok fehérjetartalmának volt még meghatározó szerepe ($r^2=0,503$). A DB sertésekben a bélsárral ürített N mennyisége 21,6%-kal nagyobb volt, mint az MNF állatoké. A tápok fehérjetartalmának csökkenése a két genotípus átlagában csupán a 1,5%-os szintig csökkentette a bélsárral ürített N-t. A táp fehérjetartalmának további csökkentése (3%) nem indukált további redukción. A csökkenés mértéke ugyanakkor jelentős, 35%-os volt.

N emészthetőségben nincs különbség a két genotípus között. Az élősúly és a kezelés hatás esetében, azonban szignifikáns eredményeket kaptunk. E paramétert legnagyobb mértékben az élősúly befolyásolta ($r^2=0,163$). Ugyan a 40-80 kg súlykategóriához képest csak tendenciájában, de vizsgálataink során a fiatal állatok produkáltak kedvezőbb emésztési eredményeket, melynek egyik lehetséges magyarázata, hogy az első fázisok tápjai tartalmaztak hemoglobint is, melynek emészthetősége kiváló. A táp fehérjetartalom hatás háttérében ($r^2=0,122$) a kisebb fehérjetartalmú tápok nagyobb arányú kristályos aminosav-kiegészítése állhat, amelyek a takarmányfehérjék aminosavainál lényegesen jobb hatékonysággal szívódnak fel.

A vizelettel ürített N napi mennyiségét is az életkor befolyásolta leginkább ($r^2=0,735$), de ennél a paraméternél a genotípus ($r^2=0,632$) és a takarmányozási kezelések is ($r^2=0,429$) fontos szerepet játszottak. A DB sertésekben a vizelettel ürített N napi mennyisége közel duplája volt a MNF sertésekének. Ennek okát pontosan nem tudjuk, de valószínűleg a DB állatok nagyobb N-felvétele is közrejátszik a jelentős eltérés kialakulásában. Érdekes azonban megjegyezni, hogy CHAN és munkatársai (1998a) keresztezett sertésekkel szintén ilyen magas vizelet N ürítési értékeket kaptak (16,2-29,3 g/nap). A 1,5%-kal kisebb fehérjetartalmú táp 36%-kal, a további fehérjecsökkentés (2. kezelés) 58%-kal redukálta a vizelettel ürített N napi mennyiségét.

Az előzőek alapján nem meglepő, hogy az összes N ürítés értékére mindhárom faktor (élősúly $r^2=0,866$, genotípus $r^2=0,729$ és takarmányozás $r^2=0,628$) jelentős hatást gyakorolt. Ezt a Powers és munkatársai által 2007-ben, telepi körülmények között elvégzett kísérlet eredményei is alátámasztják. Ők ugyan egy hibriddel dolgoztak, de vizsgálták a különböző nyersfehérje szintek és korcsoportok hatását az állatok N ürítésére. Hozzánk hasonlóan megállapították, hogy az állatok N ürítésére mind a különböző táp összetételeknek, mind pedig a különböző súlykategóriáknak hatása van. Az összes N ürítés esetében a táblázatban a napi, míg a 20. ábrán az éves N ürítéseket tüntettük fel annak érdekében, hogy az eredmények összevethetők legyenek a jelenleg használt értékekkel. A két genotípus tekintetében ezúttal is jelentős volt a különbség. A takarmány hatása a bélsárral és a vizelettel ürített N tartalmak eredőjeként alakult az összes N-ürítésnél. A piros vonalak fölötti számok jelentik a leltárszámítás során használt kibocsátási értékeket. Látható, hogy a fiatalabb malacok összes N ürítése kedvezőbb a jelenleg használt értéknél. Az idősebb hízóknál 80 kg-ig még szintén kisebb a mért érték, de az ezt követő időszakban már eléri és meg is haladja az állatok N-ürítése a 12,5 kg/év szintet.



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

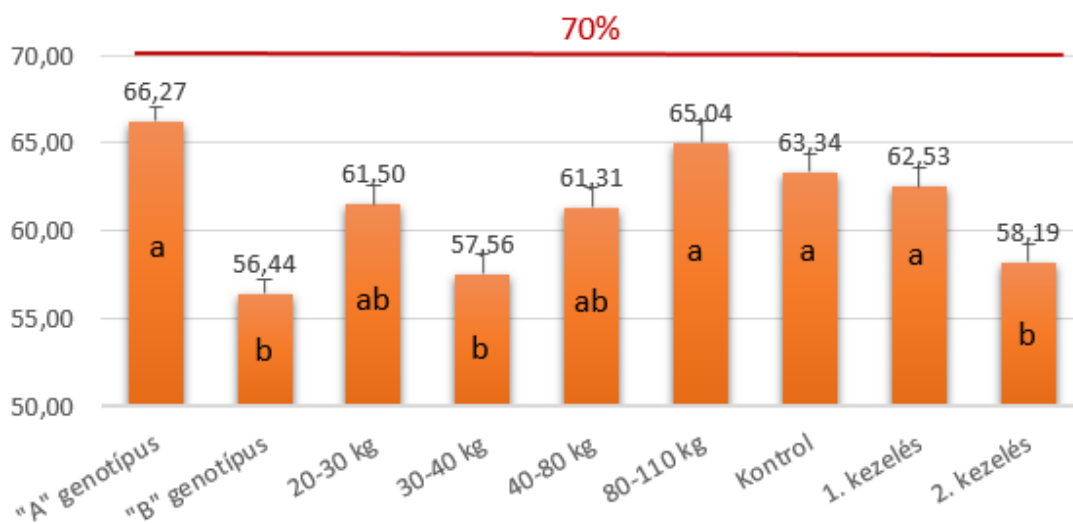
„A” genotípus: Danbred; „B” genotípus: Magyar nagyfehér

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

A jelenleg használt kibocsátási értékek a piros vonalak felett láthatók.

20. ábra: A mért N ürítési eredmények és az ammónia leltár készítés során használt konstans értékek (kg/állat/év)

A nitrogénforgalmi paraméterek közül a vizelettel ürített N arányának (TAN) volt a legnagyobb a szórása. A TAN értéke 17%-kal nagyobb volt a DB sertésekben. Bár mind a bélsárral, mind a vizelettel ürített N napi mennyisége nőtt az állatok életkorával párhuzamosan, a TAN %-os aránya nem változott jelentősen, szignifikáns különbség a 30-40 kg és a 80 kg fölötti súlykategóriák között volt. Az 57 és 65% közötti értékek kisebbek az általánosan a leltárszámítás során használt 70%-nál (21. ábra). A tápok fehérjetartalmának csökkentésekor kisebb volt a bélsárral, illetve a vizelettel ürülő N mennyisége. Ez az oka, hogy a táp fehérjeszintjének kisebb hatása ($r^2=0,120$) van a TAN-ra. Esetünkben az 1,5%-kal kisebb fehérjeszint 1,3%-kal, a 3%-kal kisebb pedig 8,9%-kal csökkentette a TAN értékét.



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
 A jelenleg használt kibocsátási érték a piros vonal felett látható.

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

Eredményeink arra hívják fel a figyelmet, hogy az állatok N-ürítési és TAN kiválasztási értékeit pontosítani lehet, ha figyelembe vesszük a korcsoport, a genotípus és a takarmányozás terén feltárt sajátosságokat. Ezáltal lehetővé válik, hogy amennyiben rendelkezünk idősoros korcsoportokra, genotípus megoszlásokra és táp fehérjetartalmakra vonatkozó adatsorokkal, akkor ezek felhasználásával pontosítsuk a sertésekre vonatkozó hazai ammóniaemissziós faktorokat.

A genotípus ammónia-kibocsátásra gyakorolt hatását eddig kevesen vizsgálták. A jobb növekedési teljesítmény, a nagyobb fehérje-beépítéssel viszont elméletben kisebb nitrogénkiválasztást és ezáltal ammónia-kibocsátást jelent (PHILIPPE et al. 2011). Ezzel a hipotézissel szemben, saját eredményeink szerint az ammóniaemisszióban szerepet játszó N-forgalmi paraméterek értékei a „B” genotípusú sertésekben jobbak voltak. Ennek egyik oka lehet, hogy a magyar takarmánykódex „A” genotípusú sertések számára előírt takarmányösszetételre vonatkozó ajánlásai, az állatok igényeihez képest magasabb nyersfehérje-tartalmúak, valamint, hogy a DB fajtára jellemző a nagymértékű takarmányfogyasztás. Kutatócsoportunk 2016-ban, reprezentatív mintavétellel, a teljes magyarországi sertésállományra vonatkozó adatgyűjtést végzett, mely során többek között a telepek takarmányozási gyakorlatát is vizsgáltuk. Ezen adatokból is kitűnik, hogy a kísérleteink során alkalmazott nyersfehérjeszintek közül, a mai gyakorlatban használt tápsorok az általunk etetett kísérleti tápok értékeivel vannak összhangban. Legtöbb esetben a 1,5 %-kal csökkentett nyersfehérjeszintekhez állnak a legközelebb. Ennek ellenére a genotípus ammóniaemisszióra gyakorolt hatása

egyértelmű az eredményeink alapján. Érdemes lenne azonban a kísérleteket megismételni akár az „A” genotípus takarmányozása során a gyakorlatban alkalmazott nyersfehérjeszintekkel is, hogy még több adat álljon rendelkezésre a leltárkészítés pontosításához. Továbbá érdemes lenne elgondolkodni a Magyar Takarmánykódex aktualizálásán, hisz a genetikai előrehaladás rendkívül gyors, a kódex pedig már 18 éves.

Sajnálatos módon az irodalmi adatokkal való összevetés során olyan akadályba ütköztem, hogy az általunk végzett vizsgálatokhoz hasonló kísérleti beállításokat nem találtam. Mi ugyanis a teljes hízalásra kiterjedő, genotípusokat és különböző takarmány nyersfehérjeszinteket is figyelembe vevő és azok N-ürítésre gyakorolt hatását vizsgáló N-forgalmi vizsgálatokat végeztünk. Ilyet a szakirodalomban nem találtam. Azok a kísérletek, melyek a teljes hízalásra vonatkoznak, általában telepi vizsgálatok, az anyagcsereketreces N-forgalmi vizsgálatok pedig általában egy korcsoporttal, döntően az 50-80 kg-os súlykategóriában történtek. Nagyon sok esetben a szerzők teljesen más élősúly intervallumokat vagy eltérő nyersfehérje-szinteket alkalmaztak, mint mi. A genotípus hatással egyáltalán nem foglalkozik a szakirodalom. Több esetben a publikációkban hiányzik a fajta megnevezése. Ennek ellenére eredményeink részben összehasonlíthatók a korábbi vizsgálatok adataival. A vizelet-, a bélsár- és az összes-nitrogén kiválasztási értékek hasonlóan alakultak kísérleteink során az irodalomban leírtakhoz viszonyítva (PRAWIRODIGDO et al. 1997, CHAN et al. 1998a, FIGUEROA et al. 2000, PORTEJOIE et al. 2004, AARNINK et al. 2007). PORTEJOIE és mtsai. (2004) 50 kg-os súlykategóriában 5,8-8,5 g/nap bélsár N ürítési-, illetve 8,1-23,1 g/nap vizelet N ürítési-adatokat kaptak (sajnos az állatok genotípusára vonatkozó információt nem közöltek). PRAWIRODIGDO és mtsai. (1997) 44 kg súlyú, Nagyfehér sertésekkel végzett vizsgálataikban 16,5-19,6 g/nap vizelet N ürítést és 2,0-8,5 g/nap bélsár N ürítést kaptak. CHAN és mtsai. (1998a) kísérleteiket 55-110 kg között hízalt, keresztezett sertésekkel végezték. A bélsárral ürített N mennyisége 8,31-8,61 g/nap, vizelettel naponta 16,2-29,3 g N ürült az összes N ürítési értékek 24,51 és 37,91 g/nap között alakultak a táp nyersfehérje-tartalmától függően. A retenciós és emészthetőségi eredményeink viszont sok korábbi publikációhoz (AARNINK és VERSTEGEN 2007; BALL et al. 2013; O’SHEA 2009; BITTMAN et al. 2014) és a Magyarországon jelenleg alkalmazott faktorokhoz képest is kedvezőbbek. Azonban FIGUEROA és mtsai. (2000) valamint GLOAGUEN és mtsai. (2014) publikációjukban az adatainkhoz hasonló eredményeket közölnek. GLOAGUEN mtsai. (2014) például, a 6 hetes Pietrain x (Nagyfehér x Landrace) fajtájú sertésekkel végzett kísérleteikben 84,3-85,8% emészthetőségi- és 63,9-72,2% N retenciós-értékeket kaptak.

Az anyagcserekísérletek eredményei általában azt mutatják, hogy az ammóniaemisszió csökkenése főként a vizelettel ürített kisebb mennyiségű N-nek köszönhető. A takarmányok

nyersfehérje-tartalmának csökkentése a vizelet N tartalmával szoros összefüggést mutat (PFEIFFER et al. 1995), és arra nagyobb hatással van, mint a bélsárral ürített N-tartalomra (PORTEJOIE et al. 2004, PHILIPPE et al. 2011), ahogy ezt a saját eredményeinkből is látni lehet. Ennek háttérében az állhat, hogy a feleslegben adott, nem hasznosított nyersfehérje N-tartalmát a szervezet elsősorban a vizelettel választja ki karbamid formájában

Az ammónia-kibocsátás csökkentése érdekében a takarmányösszetétel megváltoztatásának költséghatékonyságát nehéz meghatározni a nagy alapanyagár ingadozások miatt. A nyersfehérje-csökkentés árát alapvetően befolyásolja a fehérjehordozók, különösen a szója és a kristályos aminosavak ára. Például PINEIRO és mtsai. (2009) számításai szerint, a 2004-2008 közötti időszakban, az átlagos és a csökkentett fehérjetartalmú tápok árai közötti különbség +5 és -6 euró között mozgott. Gazdasági számításaink eredménye hasonló képet mutatott, de további nagy különbségeket találtunk a különböző genotípusok összes takarmányköltsége között. Számításunk szerint a csökkentett fehérjetartalmú tápok és az átlagos fehérjetartalmú tápok árai közötti különbség +26 és -32 Ft/kg ráhizlalt súly között mozgott, genotípustól és a takarmány nyersfehérje-tartalmától függően. A MNF sertések esetében a kontrollhoz képest, 1 kg ráhizlalt súly, 1,5%-kal kisebb nyersfehérje-tartalmú takarmány etetésekor 5 Ft, 3%-kal kisebb fehérjetartalmú takarmány etetésekor 26 Ft többletköltséggel járt. Ezzel szemben, ha DB sertéseket kisebb fehérjetartalmú takarmánnyal etetjük megtakarítást érhetünk el, a kontrollhoz képest, 1 kg ráhizlalt súlyt 25 Ft-tal, illetve 32 Ft-tal kisebb költséggel állíthatunk elő.

5.2. Különböző takarmányozási tényezők és azok kombinációinak hatása a hízósertések N-forgalmi paramétereire (2. kísérlet)

A bélsárral ürített N mennyisége szignifikánsan nem változott az egyes takarmányozási tényezők hatására (14. táblázat). Ez az irodalmi adatokkal egyező eredmény (LOW 1985, PHILIPPE et al. 2011, PHILIPPE et al. 2015, AARNINK et al. 2007, O'SHEA 2009, JARRET 2012). A táblázatban azonban jól látható, hogy a répaszelet kiegészítést fogyasztó állatok esetében kaptuk a legmagasabb értékeket. Ez annak köszönhető, hogy a fermentálható rost hatására a N ürítés a bélsár irányába tolódott el a vizelettel ürített mennyiség rovására. A bélsárral ürített N pedig kisebb ammóniaemissziót eredményez.

14. táblázat: A 2. kísérlet eredményei

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: szárított répaszelet-kiegészítés; FB: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés; FR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + szárított répaszelet-kiegészítés; FBR: nyersfehérje-tartalom csökkentés + Ca-benzoát-kiegészítés + szárított répaszelet-kiegészítés

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

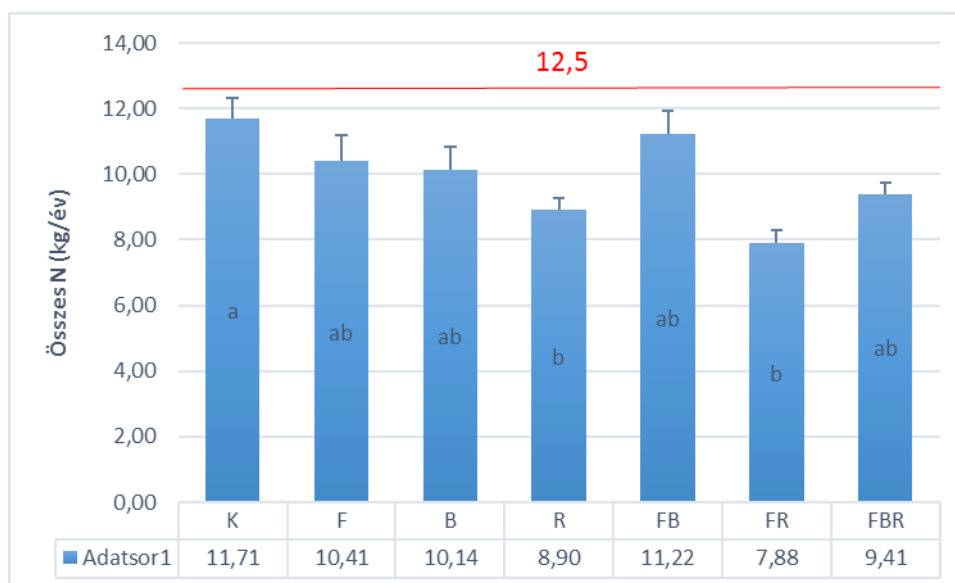
A N emészthetősége a nagyobb fermentálható rosttartalmú táp etetésekor szignifikánsan kisebb volt a kontroll, illetve a benzooesavval kiegészített tápához viszonyítva. Ahogyan azt már korábban említettük, a nagyobb NSP-tartalom csökkenti a táplálóanyagok emészthetőségét (WENK 2001, SZABÓ és HALAS 2011, BITTMAN et al. 2014). Ezt tapasztaltuk mi is vizsgálataink során. A répaszelet szerepeltetése a tápokban abszolút értékben több mint 5%-kal csökkentette a N-tartalmú anyagok felszívódását a kontrollcsoportéhoz képest.

A vizelettel ürített N mennyisége répaszelet etetésekor mindegyik csoportban (R, FR, FBR) szignifikánsan kisebb volt a kontrollhoz viszonyítva. Korábbi vizsgálatokban is hasonló eredményt kaptak nagyobb fermentálható rosttartalom hatására (KREUZER és MACHMÜLLER 1993, JONGBLOED 2001). A kapott eredmény kedvező az ammóniaemisszió szempontjából.

Miután a napi N-ürítésen belül a vizelettel távozó N mennyisége dominál, ezért az összes ürítés is a vizelet N-nek megfelelően alakult. A fehérjecsökkentés és a rostarány növelésének hatását vizsgálták GALASSI és mtsai. is (2010). Kísérletükben nagyobb élősúlyú állatokat használtak (152 kg), de eredményeik alátámasztják az általunk kapott adatokat. Vizsgálatainkban a fermentálható rost-tartalom emelésekor szignifikánsan nagyobb lett a bélsárral ürített N mennyisége. A kontrollcsoport (C) esetében 7,82 g/nap, a nagyobb fermentálható rosttartalmú (HF) takarmányt fogyasztó csoportokban 10,82 g/nap, míg a fermentálható rostban gazdagabb, kisebb nyersfehérjetartalmú (HFLP) tápokot fogyasztó állatok esetében 9,80 g/nap volt. A vizelettel ürülő N mennyisége, hasonlóan jelen kísérlet eredményéhez, a HFLP tápot fogyasztó csoportban volt a legkisebb. E paraméter vizsgálata során kapott ürítési értékek a következők voltak: C 25,8 g/nap, HF 23,8 g/nap és HFLP 17,8 g/nap.

A répaszelet adagolásakor a nagyobb fermentálható rostarány hatására kapott eredményeink, mind a négy említett N forgalmi paraméter esetében egybevágnak az irodalmakban megadottakkal. O'SHEA és mtsai. (2009) például, $63 \pm 1,3$ kg súlyú, Nagyfehér x (Nagyfehér x Landrace) fajtájú sertésekkel végzett kísérletükben, 200 g répaszelet adagolása mellett, a naponta ürített N összes mennyisége 26,5 g (bélsárral 9,7 g; vizelettel 16,8 g N ürült), a nyersfehérje emészthetősége 82,2% volt.

Miután az ammóniaemisszió kalkulációjakor az állatok éves N-ürítéséből indul ki a számítás, a napi N-ürítéseket ennél a kísérletnél is átszámítottuk (22. ábra). 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.



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

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

A jelenleg használt kibocsátási érték a piros vonal felett látható.

22. ábra: A kezelések hatása az állatok összes N-ürítésére (kg/állat/év)

Az ammóniaemissziót befolyásoló legfontosabb takarmányozási lehetőség, a vizelettel ürített nitrogén arányának csökkentése. A 13. táblázatban látható, hogy ez a paraméter (TAN, %) szignifikáns mértékben kizárólag a répaszeletet tartalmazó tápot fogyasztó sertésekben csökkent, a legkisebb értéket itt mértük (60,98%). A leltárszámítás során jelenleg a sertés esetében valamennyi korcsoportnál és hasznosítási típusnál 70%-os TAN értékkel számolunk. Ez az érték, a répaszelet kiegészítést fogyasztó állatokat kivéve, közel áll az általunk kapott ürítési adatokhoz, azonban nagysága a táp összetételének függvényében változik.

A N-retenciót egyik takarmányozási tényező sem befolyásolta szignifikáns mértékben. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a N-retenció a répaszeletet tartalmazó tápok etetésekor nagyobb volt, a legnagyobb értéket az FBR csoportban érte el. 53,37% volt, szemben a kontrollcsoport 43,5% értékével. Ennek háttérében az állhat, hogy jól lehet a répaszelet alkalmazáskor a N emészthetősége szignifikánsan kisebb volt, de ezt a negatív hatást meghaladta a répaszelet vizelet N-ürítést csökkentő hatása. Ez az eredményünk megegyezik SHRIVER és mtsai. (2003) által publikáltakkal. Nevezett szerzők is a magasabb fermentálható rostot tartalmazó takarmányok etetésével értek el nagyobb N retenciót. Kísérletükben a kontrollcsoportban a N-retenció 60,8%, a kisebb nyersfehérje-tartalmú csoportban 68,7%, a nagyobb fermentálható rostot is tartalmazó takarmányt fogyasztó sertésekben 71,1% volt. Az ammóniaeltár számításakor jelenleg hazánkban 34% N-retenciós értéket alkalmazunk az 50 kg-

nál nagyobb hizó sertéseknél. Eredményeink alapján ezek az értékek lényegesen kedvezőbbek, amit egyéb más irodalmi adatok is megerősítenek. Például FIGUEROA és mtsai. (2000) 40,82 kg kezdő élősúlyú, keresztezett állatoknál 58,01-62,41%, GLOAGUEN és mtsai. (2014) 11,7 ± 1,1 kg élősúlyú, Pietrain x (Large White x Landrace) genetikájú állatoknál 63,9-72,2%, illetve MROZ és mtsai. (2000) 30 és 100 kg közötti élősúlyú, Yorkshire × (Finnish Landrace × Dutch Landrace) genetikájú állatoknál 47,4%-53,2% közötti N-retenciós értékeket kaptak.

A N-tartalmú vegyületek elillanása szempontjából fontos a vizelet és az ürülék pH értéke. Az ureáz pH optimuma 6 és 9 között van, ezért az ennél kisebb pH a karbamidot bontó baktériumok felszaporodását és az ureáz enzim aktivitását is csökkenti. Kísérletünkben a pH csökkentésére, az irodalomban olvasható kedvező eredményekből kiindulva (GUINGAND et al. 2005, AARNINK et al. 2008), benzoésav-kiegészítést alkalmaztunk. A depresszív hatás elkerülése érdekében a forgalmazó által javasolt alacsony bekeverési szintet (0,5%) alkalmaztuk. Az ilyen kis dózis alkalmazása nem befolyásolta szignifikáns mértékben a vizelet kémhatását. A benzoésav pH csökkentő hatásának hátterében az áll, hogy a benzoésav a májban hippursavvá metabolizálódik, majd ilyen formában ürül a vizelettel, ami csökkenti a vizelet pH-ját és következésképpen a tárolt hígtrágya pH-ját is (KRISTENSEN et al. 2009). A korábbi kutatások kedvező eredményeit sok esetben az engedélyezettnél magasabb bekeverési arányokkal (NORGAARD et al. (2010) 2%-os, MROZ et al. (2000) 2,4%-os ekeverési arány) illetve más savanyítókkal való együttes alkalmazással (LE DINH (2022) 10 g/kg benzoésav + 10 g/kg Ca-formiát a CaCO₃ helyettesítésére) érték el a szerzők. Mivel a magasabb dózisok viszont a gyakorlatban nem állják meg a helyüket, és az általunk használt készítmény gyártója a depresszív hatások elkerülése érdekében 0,5%-os arányt javasolt, így e mellett a dózis mellett döntöttünk. Úgy látszik ekkora mennyiségnél nem képződik annyi hippursav, ami érdemben befolyásolná a vizelet karakterisztikáját.

Szignifikáns hatást a csökkentett fehérjetartalmú tápok etetésekor tapasztaltunk. E takarmányozási technika trágya pH érték csökkentő hatásáról a szakirodalmakban is olvashatunk (SUTTON et al. 1996, CARPENTER et al. 2004, PORTEJOIE et al. 2004, AARNINK és VERSTEGEN 2007, ZHAO et al. 2019). A pH érték csökkenésének hátterében az állatok elektrolit egyensúlyának megváltozása áll. CHAN és munkatársai (1998b), valamint PORTEJOIE és munkatársai (2004) is szoros összefüggést találtak az elektrolit egyensúly és a vizelet, illetve trágya pH-ja között. Az állatok elektrolit egyensúlyának kialakításában fontos szerepet játszik a kálium, melyet a fehérjetakarmányok, például a szójadara, nagy mennyiségben tartalmaznak. A kísérleti tápok kisebb káliumtartalma tehát hatással van az állatok elektrolit egyensúlyára és ezáltal a vizelet pH-jára.

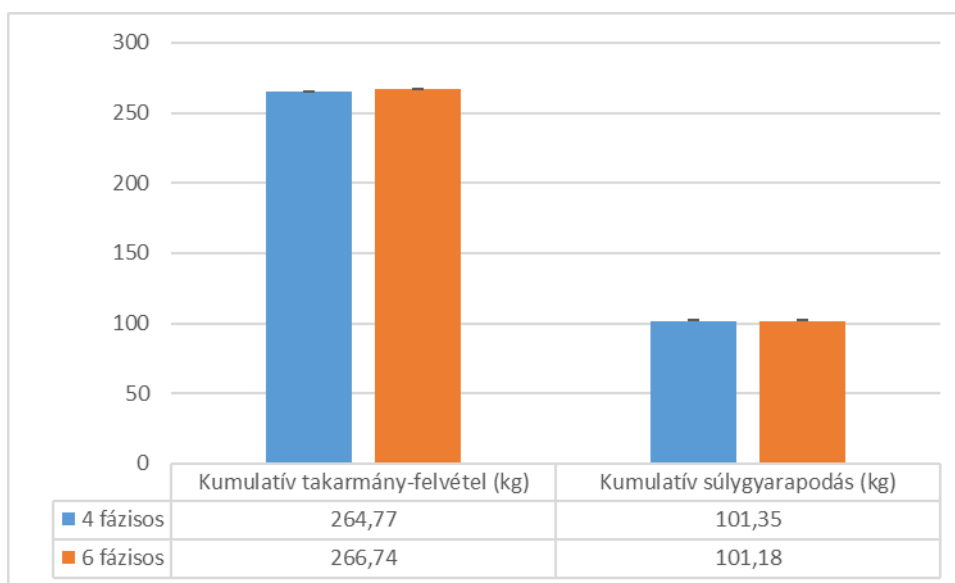
5.3. Több fázisos takarmányozás hatása hizósertések termelési paramétereire és N-forgalmi mutatóra (3. kísérlet)

A fázisos takarmányozás hatásait vizsgáló kísérletünk fázisonkénti eredményei a 15. táblázatban, a kezeléenkénti összesített eredményei pedig a 23-25. ábrákon találhatóak. A négy, illetve hat fázisos hizlalás nem befolyásolta szignifikánsan az állatok takarmányfelvételét. Az utolsó fázisban ugyan 2,2 kg-al több tápot ettek a 6 fázisos kezelés állatai, de ez az eltérés nem volt szignifikáns.

15. táblázat: A 4 és 6 fázisos hizlalás eredményei

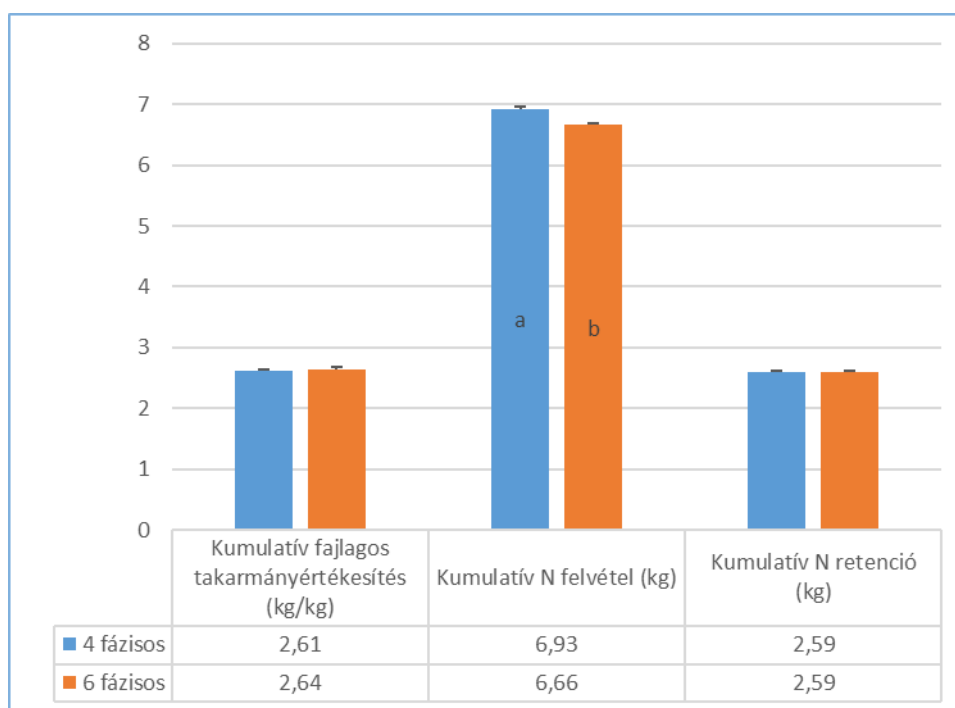
Súlyok	4 fázisos				6 fázisos			
	20-30 kg	30-40 kg	40-80 kg	80 kg -	20-30 kg	30-40 kg	40-60 kg; 60-80 kg	80-100 kg; 100 kg-
Életnap	66-80	81-87	88-122	123-157	66-80	81-87	88-108; 109-122	123-136; 137-157
Takarmány-felvétel (kg)	20,20±0,55	9,91±0,17	92,09±0,31	142,57±1,11	20,06±0,50	9,80±0,16	92,06±0,48	144,82±1,24
Takarmány-felvétel (kg/nap)	1,44	1,41	2,63	4,07	1,43	1,40	2,63	4,14
Súlygyarapodás (kg)	10,99±0,55	4,77±0,39	39,34±0,52	46,24±0,47	10,53±0,54	5,01±0,36	39,23±0,57	46,41±1,00
Súlygyarapodás (kg/nap)	0,79	0,68	1,12	1,32	0,75	0,72	1,12	1,33
Fajlagos takarmányértékesítés (kg/kg)	1,85±0,10	2,12±0,13	2,34±0,03	3,08±0,03	1,92±0,07	2,00±0,17	2,35±0,03	3,13±0,06
N felvétel (kg)	0,61±0,02	0,27±0,00	2,53 ^a ±0,01	3,52 ^a ±0,03	0,60±0,02	0,27±0,00	2,48 ^b ±0,01	3,31 ^b ±0,03
N felvétel (g/nap)	43,57	38,57	72,29 ^a	100,57 ^a	42,86	38,57	70,86 ^b	94,57 ^b
N retenció (kg)	0,28±0,01	0,12±0,01	1,01±0,01	1,18±0,01	0,27±0,01	0,13±0,01	1,00±0,01	1,19±0,03
N retenció (g/nap)	20,00	17,14	28,86	33,71	19,29	18,57	28,57	34,00
N retenció (%)	46,36±2,18	45,09±3,21	39,84±0,52	33,64 ^b ±0,34	44,59±1,65	48,01±3,45	40,55±0,49	35,84±0,68 ^a

„n” szám: 5; a, b: az eltérő betűjelek szignifikáns eltéréseket jelölnek ($p < 0,05$)



23. ábra: A kezelések hatása az állatok összes takarmány-felvételére és súlygyarapodására (kg)

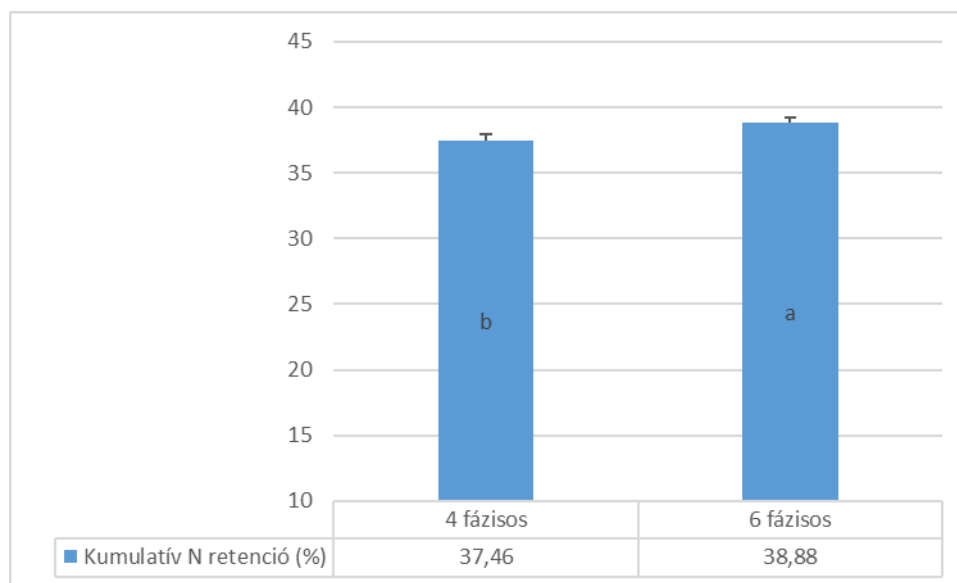
Az eltérő számú takarmányozási fázisok alkalmazása nem okozott eltérést az állatok súlygyarapodásában sem. E paraméter esetében a két kezelés eredményei szinte teljesen együtt mozogtak. Az előzőekből következően, a takarmány-felvételi és súlygyarapodási adatokból számított fajlagos takarmányértékesítésben sem találtunk szignifikáns eltérést. Az összesített, a hizlalási időszak egészére vonatkozó termelési paraméterek esetében sem kaptunk szignifikáns különbségeket.



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

24. ábra: A kezelések hatása az állatok összes fajlagos takarmányértékesítésére (kg/kg), N felvételére és N retenciójára (kg)

A termelési paraméterek mellett kiszámítottuk a sertések N-felvételét, N-beépítését és N-retencióját is. A 6 fázisos kezelés tápjainak kisebb fehérjetartalma miatt ennél a kezeléssel kisebb volt az állatok N-felvétele a hizlalás 3. és 4. fázisában, továbbá a teljes hizlalási időszakra vonatkozóan. A súlygyarapodási adatok egyezősége miatt a beépített nitrogén mennyiségében nem volt szignifikáns eltérés. A két mutatószám hányadosából kalkulált N-retenció (%) a hizlalás utolsó fázisában szignifikánsan magasabb volt a 6 fázisos csoportban. Ez a különbség a hizlalás egészére vonatkozóan is szignifikáns maradt. A 6 fázisos csoport állatai összességében 1,4%-al jobb hatékonysággal hasznosították a tápok fehérjetartalmát (25. ábra).



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

25. ábra: A kezelések hatása az állatok összes N retenciójára (%)

A nitrogénforgalmi mutatók között a 4 fázisos csoportnak 4%-kal nagyobb volt a hizlalás egészére vonatkozó N-felvétele és ebből adódóan a 6 fázisos hizlalás 3,8%-kal jobb N-retenciót eredményezett, ami éves szinten 0,475 kg N-ürítés csökkenést jelent hízónként. Figyelembe véve az egyéb irodalmi adatokat, amelyek döntően az egy, kettő és három fázis összehasonlítására vonatkoznak (RADEMACHER 2000, BAT 2015), a 3 fázisos hizlalást kontrollnak tekintve az egy fázisos hizlalásnál 0,6, a 2 fázisosnál pedig 0,15 kg N/év mértékkel növekszik a hízósertések N-ürítése. Négy vagy ennél több számú hizlalási fázis esetében pedig fázisonként 0,15 kg/év a várható N-ürítés csökkenés.

A hizlalási fázisok emelésével tehát a hizlalási paraméterek romlása nélkül érhető el javulás a sertések N-ürítésében. A fázisszám növelésével ugyanis, a takarmány táplálóanyag tartalma egyre szorosabban illeszkedik az állatok aktuális igényeihez. Ennek köszönhetően egyre kevesebb esetben fordul elő, hogy egy adott táplálóanyag mennyisége (jelen esetben a N forrás) hiányosan vagy éppen feleslegben található meg az állatok takarmányában. Ez javuló

hasznosulással és csökkenő feleslegürítéssel jár. Olyan táp komponens esetében pedig, mint például a fehérje, ami a takarmányok legdrágább összetevője, a kedvező környezeti hatáson túl, ez ökonómiai haszonnal is járhat (16. táblázat).

16. táblázat: A 4, illetve 6 fázisos takarmányozás költségeinek alakulása, 90 kg ráhízlalt súlyra korrigálva

	4 fázisos	6 fázisos
malac táp egységár, Ft/kg	91,7	91,7
hízó I. táp egységár, Ft/kg	73,8	73,8
hízó II. táp egységár, Ft/kg	79,2	80; 76,8
hízó III. táp egységár, Ft/kg	73,3	74,2; 71,3
tak. fogyasztás a malac I. fázisban, kg/állat	20,2	20,1
tak. fogyasztás a hízó I. fázisban, kg/állat	9,9	9,8
tak. fogyasztás a hízó II. fázisban, kg/állat	92,1	48,3; 43,7
tak. fogyasztás a hízó III. fázisban, kg/állat	142,6	51,3; 93,5
tak. fogyasztás kg/állat	264,8	266,7
fajlagos takarmány felhasználás kg/kg 90 kg ráhízlalt súlyra 20-110kg között	2,9	3,0
tak. költség a malac I. fázisban, Ft/állat	1853	1840
tak. költség a hízó I. fázisban, Ft/állat	731	723
tak. költség a hízó II. fázisban, Ft/állat	7290	7226
tak. költség a hízó III. fázisban, Ft/állat	10446	10476
takarmány költség /állat	20320	20264
ráhízlalt súly, kg	90,0	90,0
fajlagos takarmány költség Ft/kg ráhízlalt súly	225,8	220,0

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 (16. táblázat) miatt gazdaságilag is kifizetődő lehet.

Hazánkban a jelenlegi gyakorlat ugyan még messze áll az állatok aktuális igényei szerint történő takarmányozástól, azonban a jövő, a precíziós takarmányozás e felé mutat. Amennyiben a technológiai fejlesztések és beruházások megvalósulnak e téren, akár az adott egyed napi igényéhez igazodó takarmány etetése is lehetővé válik. Ez környezetterhelési szempontból biztosan pozitív hatásokkal jár, de véleményem szerint a kezdeti beruházási költségek ellenére ökonómiaailag is pozitív eredményeket adna a korábban említettek okán.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

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, hizlalási 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 benzoosav hatása 0,5%-os bekeverési arányban nem elegendő a vizelet pH megváltoztatásához. Fontos eredménynek tekinthető, hogy a fehérjecsökkentett tápok etetése, a benzoosav kiegészítés és a répaszelet etetése 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 leltárszámításakor 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.

7. 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 nagy fehér).
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.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdasági haszonállatok fehérje-értékesítésének hatékonysága nagyon fontos, hisz a fehérjekomponensek a takarmányok legdrágább összetevői, az Európai Unió pedig nem önellátó belőlük. Mivel a takarmányfehérje hasznosulása hatással van az állatok N ürítésére, így a fehérje takarmányozás szorosan összefügg az állattermék-előállítás környezetvédelmi vonatkozásaival.

Az ammónia-kibocsátás a levegőminőség romlás legfontosabb tényezője regionális, nemzeti és nemzetközi szinten, az állattenyésztés pedig ennek a kibocsátásnak a legnagyobb forrása. Egy nemrégiben készült hazai tanulmány szerint az ammóniaemisszió 70%-a az állattenyésztéshez köthető Magyarországon, melyből a sertéságazat 21%-ért felelős. Az EU levegőminőségének javítása érdekében kidolgozták a 2016/2284 irányelvet, mely az egyes légköri szennyező anyagok nemzeti kibocsátásának csökkentését célozza meg. E szerint, a tagállamoknak el kell érniük bizonyos csökkentési értékeket. Hazánknak ez 2030-ra 32%-os ammónia emisszió csökkentést jelent, a 2005-ös bázisához képest. Az állatfajok által kibocsátott ammónia mennyisége országonként változó, de az elsődleges ammóniakibocsátók a sertés-, a baromfi- és a szarvasmarha-ágazatok.

Disszertációm keretében meghatároztuk a hízósertések N-forgalmi paramétereit és értékeltük a genotípus, a kisebb nyersfehérje-tartalmú tápok, egyes, N-forgalomra kedvező hatású alapanyag, vegyület (Ca-benzoát, szárított répaszelet) valamint a nagyobb számú hízalási fázis alkalmazásának hatásait. Az előbb ismertetett tényezők elemzéséhez három kísérletet állítottunk be az egyetem kísérleti sertéstelepén.

Az első kísérlet során két faktor, a nyersfehérje csökkentés (-1,5, illetve -3% nyersfehérje csökkentés) és a különböző genotípusok (A genotípus – Danbred (DB); B genotípus – Magyar nagyfehér (MNF)), hatását vizsgáltuk a hízósertések N forgalmi paramétereire (N-felvétel, bélsár és vizelet N ürítés, TAN%, N-retenció). Az anyagcsere-kísérleteket 4 különböző élősúly kategóriában végeztük el. A nagyobb növekedési potenciállal rendelkező DB sertések több N-t ürítettek MNF-ekhez képest. Kísérletünkben az állatok 80 kg élősúlyig kevesebb N-t ürítettek, mint a ma Magyarországon használt kibocsátási értékek. A kisebb nyersfehérje-tartalmú táp etetése mérsékelte mind a bélsárral, mind pedig a vizelettel ürülő N mennyiségét, ám ez a csökkenés nem mutatott lineáris összefüggést a fehérje csökkentés mértékével. Mivel a fehérjecsökkenett tápok etetésekor a bélsárral és a vizelettel távozó N mennyisége közel azonos

arányban csökkent, így a TAN aránya csupán kis mértékben változott. Azonban a mért TAN%-ok 5-14%-kal kisebbek voltak, mint a jelenleg használt 70%-os kibocsátási érték.

A második kísérletben a nyersfehérje csökkentés (2% nyersfehérje csökkentés) mellett, vizsgáltuk a Ca-benzoát, a répaszelet és ezek kombinációinak hatását. 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. A 0,5%-os Ca-benzoát bekeverés nem volt hatással a N-forgalmi paraméterekre és a vizelet pH-értékére sem. A kezelések moduláló hatása nem volt additív.

A harmadik kísérletben 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.

Eredményeinkből arra lehet következtetni, hogy a hízósertések N- és TAN-ürítésének csökkentésére számos takarmányozási lehetőség áll rendelkezésre. Az ammóniakibocsátás csökkentésére, a kristályos aminosavakkal kiegészített, nyersfehérje csökkentett tápok etetése tűnik a leghatékonyabb módszernek. A takarmányok fermentálható rosttartalmának emelése is hatásos, azonban ilyenkor a tápanyagok emészthetősége csökken, ami ronthatja a termelési paramétereket. A több hizlalási fázis alkalmazása is egy lehetőség lehet. Ebben az esetben a termelési paraméterek befolyásolása nélkül csökkenthető az állatok N-felvétele.

9. SUMMARY

The efficiency of protein utilization of farm animals is important because protein-rich feedstuffs are the most expensive components of diets, and the countries of the European Union are not self-sufficient. Since the utilization of dietary protein affects the nitrogen excretion of farm animals, protein nutrition is closely related to the environmental aspects of animal production.

Ammonia emission is a major air quality concern at regional, national, and global levels and animal production is the main source of ammonia emission. Recent studies in Hungary shows, that animal husbandry accounts about 70 percent of the total NH₃ emission, and pig farming takes about 21 percent of this. To improve air quality in the EU, the Directive 2016/2284 has been developed to reduce the national emissions of certain atmospheric pollutants. According to this, the member states must reach certain reduction. In Hungary after 2030, 32 percent reduction in ammonia emissions is expected compared to that of 2005. The amount of ammonia emitted by animal species varies from country to country, but the primary ammonia emitters are the pig, poultry, and cattle sectors.

In the frame of this dissertation the N-balance parameters of fattening pigs was determined and the effects of genotype, feeding low protein (LP) diets, using different feed additives and different fattening phases evaluated. Three trials have been carried out at the university research farm.

In the first experiment, according to a two factorial design the effects of feeding LP diets (1.5 or 3% protein reduction) and the impacts of using different genotypes, Danbred (DB) vs. Hungarian Large White (HLW), was investigated on the N-balance parameters (N-intake, faecal and urinary N excretion, TAN%, N-retention) of fattening pigs. The measurements have been carried out in balance cages at 4 different live weight categories. DB pigs with more intensive growth potential excreted more N compared with the HLW pigs. Until 50 kg live weight the animals excreted less N than the default value. Feeding LP diets decreased both faecal and urinary N- excretion, but this decrease is not linear with the change of protein reduction. Since the decrease in the faecal and urinary N is similar, only limited change in the TAN excretion was

found after feeding the LP diets. However, the measured TAN percentages were 5-14% lower, that the default 70%.

In the second experiment beside feeding LP diets (2% reduction in protein), the effects of using benzoic acid, sugar beet pulp and their combination was studied. In this trial the balance experiment was carried out in the 55-66 kg live weight category. Feeding sugar beet pulp at 10% inclusion rate decreased N-digestibility, but resulted the lowest urinary N-excretion and TAN %. It means, sugar beet pulp, and its fermentable fibre content can push the N-excretion of animals toward the faecal excretion. LP diet in this trial decreased the TAN excretion by about 10%. Benzoic acid at 0.5% inclusion rate failed to modify the N-balance parameters and the pH of the urine. The modulatory effects of the treatments were not additive.

The third trial was focusing on the effects of using different number of fattening phases. The common 4 phases feeding was compared with a 6-phase fattening. The more diversified nutrient supply resulted less N-intake and more favourable, about 3.8% higher N retention in the 6-phase group. No significant differences in the production traits (feed intake, growth rate and feed conversion) were found.

From the results it can be concluded, that both the N-excretion and TAN excretion of fattening pigs can be reduced by several nutritional treatments. Feeding LP diets with crystalline amino acid supplementation seems to be the most efficient way to reduce ammonia emission. Fermentable fibre content of the diets is also effective, however in this case the digestibility of the nutrients decreases, which can impair the production traits. Using more fattening phases can also be an option. In this case the N intake of animals can be reduced without impact on the production parameters. The logistics and feed manufacture constraints could be limiting factors.

10. MELLÉKLETEK

1. Melléklet - Irodalomjegyzék

1. (EU) 2018/842 RENDELET (2018. május 30.): Az Európai parlament és a Tanács rendelete a Párizsi Megállapodásban vállalt kötelezettségek teljesítése érdekében a tagállamok által 2021-től 2030-ig kötelezően teljesítendő, az éghajlat-politikai fellépéshez hozzájáruló éves üvegházhatásúgázkibocsátás-csökkentések meghatározásáról, valamint az 525/2013/EU rendelet módosításáról; Európai Parlament és Tanács
2. AARNINK, A.J.A., KEEN, A., METZ, J.H.M., SPEELMAN, L., VERSTEGEN, M.W.A. (1995): Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors; *Journal of Agricultural Engineering Research* 62, 105–116
3. AARNINK, A.J.A., CAHN, T.T., MROZ, Z. (1997): Reduction of ammonia volatilization by housing and feeding in fattening piggeries; In: Voermans, J.A.M. and Monteney, G.J. (Eds). Ammonia and Odour Emission from Animal Production Facilities, pp. 283–291, Vinkeloord, the Netherlands
4. AARNINK, A.J.A., M.W.A., VERSTEGEN (2007): Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science*, 109 194–203
5. AARNINK, A. J. A., J. M. G. HOL, G. M. NIJEBOER (2008): Het effect van toevoeging van benzoëzuur (1% VevoVitall®) aan vleesvarkensvoer op de ammoniakemissiereductie is bepaald en bedroeg gemiddeld 15,8% ten opzichte van voer zonder VevoVitall®; Animal Sciences Group report 133. Wageningen, the Netherlands: Wageningen University and Research Centre.
6. AGRÁRMINISZTÉRIUM (2020): Országos Levegőterhelés-csökkentési Program a Bizottság (EU) 2018/1522 végrehajtási határozat alapján, Magyarország

7. AMANN M. (szerk.) (2017): Measures to address air pollution from agricultural source; International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
8. BABCSÁNY I., NYÁRI E., WARNING S., LYNOTT D., CSIZMAZIA L., SZÉLESNÉ KUTAS B., CSÁKI ZS., MAYER A., DEMETER J, ÁCS P., NYÍRI A., GUNDEL J., NÁM, A., SZÉKELY B., EKE I., NÉMETH A. (2004): Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a nagy létszámú sertéstelepek esetébe; Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Integrált Szennyezés-megelőzési és Környezet-egészségügyi Főosztály, Budapest
9. BABINSZKY LÁSZLÓ, HALAS VERONIKA (szerk.) (2019): Innovatív takarmányozás; Akadémiai Kiadó, ISBN: 978 963 454 057 1 doi: 10.1556/9789634540571 <https://mersz.hu/babinszky-halas-innovativ-takarmanyozas>; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: precíziós takarmányozás, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
10. BALL, M. E., E. MAGOWAN, K. J. MCCRACKEN, V. E. BEATTIE, R. BRADFORD, F. J. GORDON, M. J. ROBINSON, S. SMYTH, AND W. HENRY (2013) The effect of level of crude protein and available lysine on finishing pig performance, nitrogen balance and nutrient digestibility. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 26: 564–572
11. BANHAZI, T.M., SEEDORF, J., RUTLEY, D.L., PITCHFORD, W.S. (2008): Identification of risk factors for sub-optimal housing conditions in Australian piggeries: part 1. Study justification and design; *Journal of Agricultural Safety and Health* 14, 5–20.
12. BÁRDOS L., HUSVÉTH F., KOVÁCS M. (2007): Gazdasági állatok anatómiájának és élettanának alapjai; Mezőgazda Kiadó
13. 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
14. BENEDEK, ZS., DUBLECZ K., HNÉ. BARANYAI N., KOLTAY I. (2016): A sertéságazatot érintő agrár-környezetvédelmi indikátorok meghatározása. Kutatási jelentés, Pannon Egyetem Georgikon Kar.

15. BENEDEK ZS.; HNÉ. BARANYAI N.; KOLTAY I.; DUBLECZ K. (2017): Így csökkenthető a sertéstartás ammónia-kibocsátása; *Magyar Állattenyésztők Lapja* 22 : 2 pp. 34-36., 3 p
16. 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
17. 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
18. CANH, T.T., AARNINK, A.J.A., SCHUTTE, J.B., SUTTON, A.L., LANGHOUT, D.J., VERSTEGEN, M.W.A., SCHRAMA, J.W. (1998a): Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growingfinishing pigs; *Livestock Production Science* 56, 181–191
19. CANH, T.T., A.J.A. AARNINK,, Z. MROZ, W. JONGBLOED, J.W. SCHRAMA, M.W.A.VERSTEGEN (1998b): 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.
20. CAPPELAERE L., J. L. C. GRANDMAISON, N. MARTIN, W. LAMBERT (2021): Amino Acid Supplementation to Reduce Environmental Impacts of Broiler and Pig Production: A Review; *Frontiers in Veterinary Science* 8:689259. doi: 10.3389/fvets.2021.689259
21. 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
22. 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

23. CHUNG, T.K.; BAKER, D.H (1992): Apparent and True Amino Acid Digestibility of a Crystalline Amino Acid Mixture and of Casein: Comparison of Values Obtained with Ileal-Cannulated Pigs and Cecectomized Cockerels. *J. Anim. Sci.*, 70, 3781–3790. <https://doi.org/10.2527/1992.70123781X>.
24. CLARK, O.G., MOEHN, S., EDEOGU, I., PRICE, J., LEONARD, J. (2005): Manipulation of dietary protein and nonstarch polysaccharide to control swine manure emissions; *Journal of Environmental Quality* 34, 1461–1466.
25. CSATÓ (2000):
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_sertestenyesztes/apc.html;
Keresőprogram: Google, kulcsszavak: sertéstenyésztés, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
26. 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
27. 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
28. 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.
29. DUBLECZ K. (2018): „Ammóniaemisszió kalkulátor módszertani fejlesztés hazai sertéstartó gazdaságok számára – a sertéstakarmányozás ammóniaemissziót befolyásoló hatásainak vizsgálata”, Szakmai Tanulmány

30. ETTALLA, T., KREULA, M. (1979): Studies on the nitrogen compounds of the faeces of dairy cows fed urea as the sole or partial source of nitrogen; In: M. Kreula, ed. Report on metabolism and milk production of cows on protein-free feed, with urea and ammonium salts as the sole source of nitrogen, and an urea-rich, low protein feed. Biochemical Research Institute, Helsinki, pp. 309–321.
31. EMEP/EEA EMISSION INVENTORY GUIDEBOOK (2015)
32. EURÓPA TANÁCS (s.a.): Milyen intézkedéseket hoz az EU az éghajlatváltozás ügyében?; <https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/climate-change>; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: EU károsanyag kibocsátás szabályozás, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
33. EURÓPAI BIZOTTSÁG (2020): Az Európai parlament és a Tanács rendelete a klímasemlegesség elérését célzó keret létrehozásáról és az (EU) 2018/1999 rendelet (az európai klímarendelet) módosításáról; 2020/0036 (COD), Brüsszel, 2020.03.04.
34. EUROPEAN COMMISSION (2021): A European Green Deal, Striving to be the first climate-neutral continent; https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: green deal, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
35. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2019): Knowledge for a sustainable Europe, A snapshot from the European Environment Agency; Denmark
36. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2020a): Cél a szennyezőanyag-mentesség Európában; Luxemburg: Az Európai Unió Kiadóhivatala; ISBN: 978-92-9480-329-0 ISSN: 2443-7530 doi: 10.2800/638309
37. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2020b): Emissions of most harmful air pollutants dropped in 2018, marking EU progress under UN Convention; <https://www.eea.europa.eu/highlights/emissions-of-most-harmful-air>; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: EU air pollutants, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.

38. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2020c): Air quality in Europe - 2020 report; 160 pp, ISBN 978-92-9480-292-7 doi:10.2800/786656
39. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2020d): Air pollutant emissions data viewer (Gothenburg Protocol, LRTAP Convention) 1990-2018; <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-pollutant-emissions-data-viewer-3>; Keresőprogram: Google, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
40. FAASSEN VAN, H.G., VAN DIJK, H. (1987): Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils; In: H.G. Van Der Meer, R.J. Unwin, T.A. Van Dijk and G.C. Ennik, eds. *Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertiliser or Waste? Developments in Plant and Soil Science*, Volume 30, pp. 27–45, Martinus Nijhoff, The Hague
41. FERKET P. R., E. VAN HEUGTEN, T. A. T. G. VAN KEMPEN, R. ANGEL (2002): Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants; *Journal of Animal Science*. 80: E168-E182.
42. 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
43. 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.
44. GALASSI G., S. COLOMBINI, L. MALAGUTTI, G.M. CROVETTO, L. RAPETTI (2010): Effects of high fibre and low protein diets on performance, digestibility, nitrogen excretion and ammonia emission in the heavy pig; *Animal Feed Science and Technology* 161, 140–148

45. GATEL F. AND 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
46. GAY, S. W. (2008): Ammonia Emissions and Animal Agriculture; Virginia Cooperative Extension
47. GLOAGUEN M., N. LE FLOC'H, E. CORRENT, Y. PRIMOT, J. VAN MILGEN (2014): The use of free amino acids allows formulating very low crude protein diets for piglets; *J. Anim. Sci.* 2014.92:637-644, doi: 10.2527/jas2013-6514
48. GUINGAND, N., L. DEMERSON, J. BROZ (2005): Incidence de l'incorporation d'acide benzoïque dans l'alimentation des porcs charcutiers sur les performances zootechniques et l'émission d'ammoniac; *Journées Recherche Porcine*, vol. 37, pp. 1–6.
49. 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.
50. HANSEN, C.F., SORENSEN, G., LYNGBYE, M. (2007): Reduced diet crude protein level, benzoic acid and inulin reduced ammonia, but failed to influence odour emission from finishing pigs; *Livestock Science* 109, 228–231.
51. HAYES, E.T., LEEK, A.B.G., CURRAN, T.P., DODD, V.A., CARTON, O.T., BEATTIE, V.E., O'DOHERTY, J.V. (2004): The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses; *Bioresource Technology* 91, 309–315.
52. HORN PÉTER és munkatársai (2000): Állattenyésztés 3. – Sertés, nyúl, prémes állatok, hal; Mezőgazda Kiadó
53. HORN PÉTER, PÁSZTHY GYÖRGY, BENE SZABOLCS (2011): Sertésenyésztés; TAMOP 4.2.5
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_sertestenyesztes/index.html;
 Keresőprogram: Google, kulcsszavak: sertésenyésztés, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.

54. HUTCHINGS N., B. AMON, U. DÄMMGEN, J. WEBB (2015): EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 update July 2015 – Manure Management
55. IIR HU (2015): Informative Inventory Report 1990-2013 Hungary
56. IIR HU (2019): Informative Inventory Report 2017 Hungary; Compiled by the Hungarian Meteorological Service, Unit of National Emissions Inventories
57. JARRET G., A. CERISUELOC, P. PEUA, J. MARTINEZA, J-Y. DOURMADD (2012): Impact of pig diets with different fibre contents on the composition of excreta and their gaseous emissions and anaerobic digestion; *Agriculture, Ecosystems and Environment* 160, 51– 58
58. JONGBLOED, A.W. (2001): Hebben voermaatregelen ter verlaging van de ammoniakemissie een negatief effect op de vertering en benutting van nutriënten?; In: Jongbloed, A.W., Blok, M.C. (Eds.), *Veevoeding en Ammoniakemissie uit Varkensstallen. Samenvattingen van de themamiddag, vol. 2174. Productschap Diervoeder, The Hague, The Netherlands, pp. 11–23.*
59. 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
60. 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
61. 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
62. KREUZER, M., A. AND MACHMÜLLER (1993): Reduction of gaseous nitrogen emission from pig manure increasing the level of bacterially fermentable substrates in the

rations. Proceedings Congress on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Wageningen, 8-11. June pp. 151-156.

63. KRISTENSEN N. B., J. V. NØRGAARD, S. WAMBERG, M. ENGBÆK, J. A. FERNÁNDEZ, H. D. ZACHO, H. D. POULSEN (2009): Absorption and metabolism of benzoic acid in growing pigs; *J Anim Sci.* 87:2815-2822.
64. KUJÁNI K. (2019): Ammóniaemisszió csökkentési program; Országos Levegőterhelés-csökkentési Program – Mezőgazdasági Alprogramja; Sertéságazattal foglalkozó oktatók képzése, Herceghalom, 2019. november 4., Elérhető az MSTSZ honlapján
65. KUJÁNI K., SZTAHURA E., TIKÁSZ I., VARGA E., BORKA GY., PIRKÓ B. (2019): Jó gyakorlatok a környezetbarát sertéstartásban és tápanyag-gazdálkodásban, Agrárminisztérium
66. LATORRE, M.A., POMAR, C., FAUCITANO, L., GARIEPY, C., METHOT, S. (2008): The relationship within and between production performance and meat quality characteristics in pigs from three different genetic lines. *Livestock Science* 115, 258–267
67. LE DINH, P., VAN DER, PEET-SCHWERING, C.M.C., OGINK, N.W.M., AARNINK, A.J.A. (2022): Effect of Diet Composition on Excreta Composition and Ammonia Emissions from Growing-Finishing Pigs. *Animals*, 12, 229.; doi.org/10.3390/ani12030229
68. 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
69. 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

70. LOVAS, K. (2015): Mezőgazdasági kibocsátások a hivatalos leltárjelentésekben; Földművelésügyi Minisztérium, szakmai konzultáció, 2015. április 20.
71. 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.
72. MAGYAR M., SZABÓ A., RÁK R. (szerk.) (2019): Ammónia gáz emissziós modell – Sertéságazat (AGEM-S) kiadvány; Készült az Agrárminisztérium és a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ (NAIK) között létrejött MgF/245-1/2018. sz. Támogatói Okirat alapján végzett „Ammóniaemisszió kalkulátor kifejlesztése hazai sertésstartó gazdaságok számára” c. projekt keretében.
73. MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX, 2004
74. MROZ, Z., A.W. JONGBLOED, K.H.PARTANEN, K. VREMAN, P.A. KEMME, J. JOGUT (2000): The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients and manure characteristics in swine. *Journal of Animal Science*. 78. 2622-2632.
75. NATIONAL EMISSION CEILINGS (NEC) DIRECTIVE, (EU) 2016/2284 (2016)
76. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2003): Air Emissions from Animal Feeding Operations. Washington, D.C.: The National Academies Press
77. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (2012): Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition; The National Academies press, Washington, D.C.
78. NI, J.Q., VINCKIER C., COENEGRACHTS J., HENDRIKS J. (1999): Effect of manure on ammonia emission from a fattening pig house with partly slatted floor; *Livestock Production Science* 59, 25–31.
79. NIYAZOV N.S.- AND 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

80. 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
81. NOVOTNINÉ DANKÓ G. (2015): Sertésenyésztés. Szaktudás Kiadó Ház, 206-217.
82. 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.
83. 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.
84. OTTO, E.R., YOKOYAMA, M., HENGEMUEHLE, S., VON BERMUTH, R.D., VAN KEMPEN, T., TROTTIER, N.L. (2003): Ammonia, volatile fatty acids, phenolics, and odor offensiveness in manure from growing pigs fed diets reduced in protein concentration; *Journal of Animal Science* 81, 1754–1763
85. PEYRAUD J.-L. AND M. MACLEOD (2020): Study on Future of EU livestock: how to contribute to a sustainable agricultural sector? Final report; Publications Office of the European Union, Luxembourg
86. PFEIFFER, A., H. HENKEL, M. W. A. VERSTEGEN, I. PHILIPCZYK (1995): The influence of protein intake on water balance, flow rate and apparent digestibility of nutrients at the distal ileum in growing pigs; *Livest. Prod. Sci.* 44, 179-187
87. PHILIPPE, F.X., LAITAT, M., CANART, B., FARNIR, F., MASSART, L., VANDENHEEDE, M., NICKS, B. (2006): Effects of a reduction of diet crude protein content on gaseous emissions from deep-litter pens for fattening pigs; *Animal Research* 55, 397–407

88. PHILIPPE, F.X., LAITAT, M., CANART, B., VANDENHEEDE, M., NICKS, B. (2007): Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter; *Livestock Science* 111, 144–152
89. 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.
90. 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.
91. PINEIRO C., G. MONTALVO, M. A. GARCIA, M. BIGERIEGO (2009): Influence of soya bean meal and synthetic amino acids prices in the cost of nutritional best available techniques in Spain; in: Book of abstracts of the 60th annual meeting of the European Association for Animal Production – Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, p. 327.
92. POMAR C., L. HAUSCHILD, G.-H. ZHANG, J. POMAR, P. A. LOVATTO (2009): Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations; *Revista Brasileira de Zootecnia* v.38, p.226-237
93. 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
94. 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
95. PRAWIRODIGDO, S.; BATTERHAM, E.S.; ANDERSEN, L.M.; DUNSHEA, F.R.; FARRELL, D.J. (1997): Nitrogen Retention in Pigs given Diets Containing Cottonseed Meal or Soybean Meal. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2–3, 205–211.

96. RADEMACHER, M. (2000): How can diets be modified to minimize the impact of pig production on the environment; *Amino News Special Issue*, vol. 1, Number 1. April.
97. RENAUDEAU, D., BOCAGE, B., NOBLET, J. (2006): Influence of energy intake on protein and lipid deposition in Creole and Large White growing pigs in a humid tropical climate; *Animal Science* 82, 937–945
98. REGIUSNÉ MÓCSÉNYI 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.
99. SANTONJA G. G., GEORGITZIKIS K., SCALET B.M., MONTOBBIO P., ROUDIER S., SANCHO L. D. (2017); Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs; EUR 28674 EN; doi:10.2760/020485
100. SCHINCKEL A. P., B. T. RICHERT, L. K. CLARK, J. W. FRANK AND J. T. TUREK (s.a.): Modeling Genetic and Environmental Effects on Pig Lean Growth; Purdue University <https://www.ansc.purdue.edu/pork-archive/pubs/ModelGE-Growth.htm>; Keresőprogram: Google, kulcsszavak: effects of pig genetic on NH₃ emission, lekérdezés időpontja: 2021.02.18.
101. SCHMIDT J. (Szerk.) (2015): A takarmányozás alapjai; Mezőgazdasági Kiadó, 451 p.
102. 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.
103. SHRIVER J. A., S. D. CARTER, A. L. SUTTON, B. T. RICHERT, B. W. SENNE, L. A. PETTEY (2003): Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acidsupplemented diets on nitrogen excretion, growth performance, and carcass traits of finishing pigs; *J. Anim. Sci.* 81:492–502

104. SHU Y., B.YU, J. HE, J.YU, P.ZHENG, Z. YUAN, D. CHEN, X. MAO (2016): Excess of dietary benzoic acid supplementation leads to growth retardation, hematological abnormality and organ injury of piglets; *Livestock Science* 190, 94–103
105. SOMMER, S.G., ZHANG, G.Q., BANNINK, A., CHADWICK, D., MISSELBROOK, T., HARRISON, R., HUTCHINGS, N.J., MENZI, H., MONTENY, G.J., NI, J.Q., OENEMA, O., WEBB, J. (2006): Algorithms determining ammonia emission from buildings housing cattle and pigs and from manure stores; *Advances in Agronomy* 89, 261–335.
106. SPOELSTRA, S. F. (1979): Volatile fatty acids in anaerobically stored piggery wastes; *Netherlands Journal of Agricultural Science*, vol. 27, pp. 60-66
107. SUTTON, A.L., KEPHART, K.B., PATERSON, J.A., MUMMA, R., KELLY, D.T., BOGUS, E., JONES, D.D., HEBER, A. (1996): Manipulating swine diets to reduce ammonia and odor emissions; In: Proceedings of the First International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, American Society of Agricultural Engineers, Kansas City, MO, USA, pp. 445–452.
108. 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.
109. TAUSON, A.H., CHWALIBOG, A., JAKOBSEN, K., THORBEEK, G. (1998): Pattern of protein retention in growing boars of different breeds, and estimation of maximum protein retention; *Archives of Animal Nutrition-Archiv fur Tierernahrung* 51, 253–262
110. 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

111. VAN DER PEET- SCHWERING, C.M.C., JONGBLOED, A.W., AARNINK, A.J.A. (1999): Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production; *The Netherlands. Livest. Prod. Sci.* 58, 213–224
112. 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
113. WEBB J. (2001): Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures; *Environmental Pollution* 111, 395-406
114. WENK C. (2001): The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig; *Animal Feed Science and Technology* 90, 21-33
115. YANG, Z.; HE, T.; BUMBIE, G.Z.; HU, H.; CHEN, Q.; LU, C.; TANG, Z. (2020): Effects of Dietary Crude Protein Levels on Fecal Crude Protein, Amino Acids Flow Amount, Fecal and Ileal Microbial Amino Acids Composition and Amino Acid Digestibility in Growing Pigs. *Animals*, 10, 2092. <https://doi.org/10.3390/ani10112092>.
116. 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 growingfinishing pigs; *Brazilian Journal of Animal Science - R. Bras. Zootec.*, 48: e20180021

2. Melléklet – A használt premixek pontos összetétele



Sertés 0,5%-os premixek

Termékszám	
120-310-04	Malac 0,5%-os premix
122-310-04	Hízó I. 0,5%-os premix

Beltartalom	ME	120-310	122-310
Száranyag	%	95,0	95,0
Nyers fehérje – enzim mátrix	%	132,0	132,0
DE – enzim mátrix	MJ	108,0	108,0
ME – enzim mátrix	MJ	102,0	102,0
Hamm	%	38,1	37,0
Kalcium min.	%	10,7	12,2
Kalcium – enzim mátrix	%	33,0	33,0
Foszfor – enzim mátrix	%	30,0	30,0
Nátrium – enzim mátrix	%	7,0	7,0
A-vitamin	NE/kg	2.000.000	1.000.000
D-3 vitamin	NE/kg	390.000	201.000
E-vitamin	mg/kg	15.000	8.000
K-vitamin	mg/kg	810	800
B1-vitamin	mg/kg	425	400
B2-vitamin	mg/kg	960	440
B6-vitamin	mg/kg	700	640
B12-vitamin	mg/kg	4,6	4,3
Ca-D Pantotenát	mg/kg	2.600	2.300
Niacin	mg/kg	5.200	4.800
Biotin	mg/kg	46	12
Folsav	mg/kg	120	120
Kolin-Klorid	mg/kg	37.200	42.000
Betain	mg/kg	18.000	
Cink	mg/kg	30.000	24.000
Vas	mg/kg	29.000	23.260
Réz	mg/kg	20.000	2.750



Mangán	mg/kg	19.860	15.900
Jód	mg/kg	496	400
Szelén	mg/kg	87	70
Lizin – enzim mátrix	%	5,44	5,44
Metionin – enzim mátrix	%	0,80	0,80
Met+Cisztin – enzim mátrix	%	8,00	8,00
Treonin – enzim mátrix	%	7,85	7,85
Triptofán – enzim mátrix	%	3,84	3,84
Fitáz-enzim	mg/kg	20.000	20.000
Fitáz-enzim	FTU/kg	100.000	100.000
Econase XT	mg/kg	20.000	20.000
Bekeverési arány	%	0,5	0,5

A nyers fehérje, DE, ME, Ca, P, Na valamint az aminosav értékek az enzim készítmények Matrix-értékeinek a figyelembevételével kerültek meghatározásra.

3. Melléklet – Anyagcsereketrecek leírása

HUNGAPIG ISTÁLLÓ-TECH KFT.



Sertés Anyagcsere Vizsgáló Kocsi Alap kivitel

Alkalmazás:

20-120 kg közötti sertések anyagcserejének vizsgálatához.

Műszaki leírás:

A kocsi 2 db fix és 2 db önbeálló, 200 mm átmérőjű, gumi kereken mozgatható.

A padozat bordázott horganyzott lemez, műanyag rács kiegészítéssel.

A padozat alatt helyezkedik el az előre kihúzható vizeletgyűjtő tálca és a hátrafele eltávolítható bélsár gyűjtő tálca.

Az állatok etetésére a kocsi elején elhelyezett tüzi-horganyzott lemezből készített vályús etető kerül beépítésre. A vályú üres állapotában az állattól rögzíthető lemezzel elrekeszthető.

Az itatás történhet a vályúból adagolva, vagy a kocsi fölé függesztett tartályból vízfogyasztásmérő óra közbeiktatásával szopókás önitatón keresztül. Az állatok könnyű fel- és letelepítését a kocsihoz rögzíthető mobil rárpa és az ajtóként nyitható homlokfal segíti.

Befoglaló méretek:

Szélesség:	~770 mm
Hosszúság:	~1590 mm
Magasság:	~1138 mm

Felületvédelem: tüzi-horganyozás

Tartozékok:

Bélsár gyűjtő tálca

Anyaga: PVC lemez hegesztett, horganyzott acéllemez

Vizelet gyűjtő tálca

Anyaga: PVC lemez hegesztett, horganyzott acéllemez

Etető vályú, kirekesztő lemezzel.

Anyaga: Horganyzott acéllemez

Opcionális felszerelések:

Ivóvíz tároló tartály 20 L

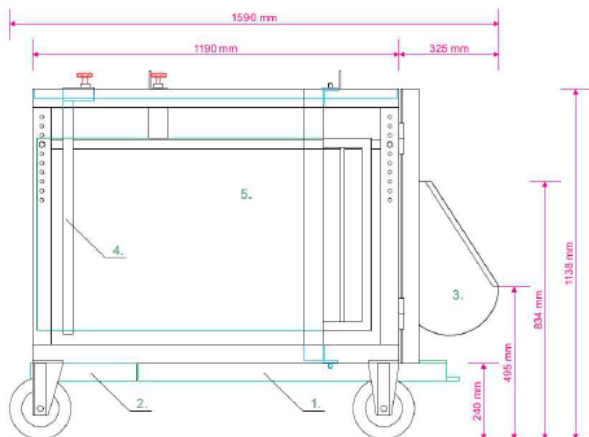
Anyaga: Polietilén

Szopókás önitató 1/2"- 1/2"

Anyaga: Rozsdamentes acél

Vízfogyasztásmérő óra 110 mm 1/2" rozsdamentes csőhöz rögzítve.

HUNGAPIG ISTÁLLÓ-TECH. SERTÉS ANYAGCSERE VIZSGÁLÓ KOCSI



OLDAL NÉZET

1. VIZELET GYŰJTŐ TÁLCA
2. BÉLSÁR GYŰJTŐ TÁLCA
3. ETETŐ
4. HÁTSÓ HATÁROLÓ
5. OLDALFAL

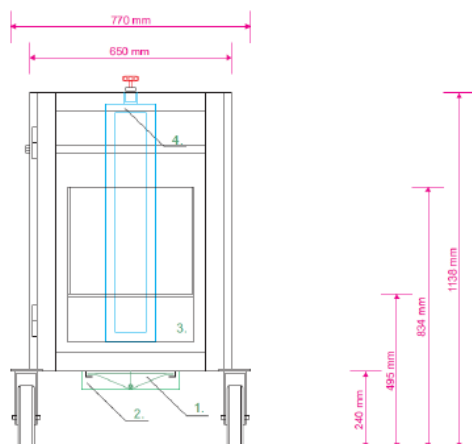


PANNON EGYETEM SERTÉS ANYAGCSERE VIZSGÁLÓ KOCSI

OLDAL NÉZET

HUNGAPIG ISTÁLLÓ-TECH. SERTÉS ANYAGCSERE VIZSGÁLÓ KOCSI

ELŐL NÉZET



1. VIZELET GYŰJTŐ TÁLCA
2. BÉLSÁR GYŰJTŐ TÁLCA
3. ETETŐ
4. HÁTSÓ HATÁROLÓ
5. OLDALFAL

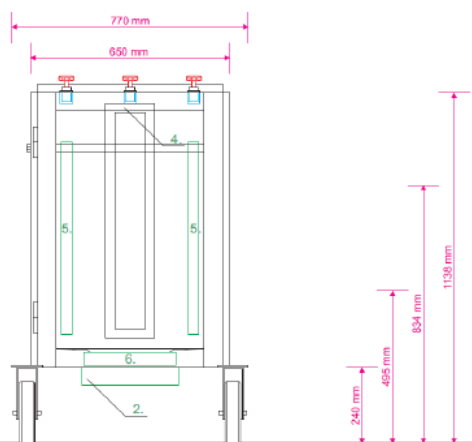


PANNON EGYETEM SERTÉS ANYAGCSERE VIZSGÁLÓ KOCSI

ELŐL NÉZET

HUNGAPIG ISTÁLLÓ-TECH. SERTÉS ANYAGCSERE VIZSGÁLÓ KOCSI

HÁTUL NÉZET



1. VIZELET GYŰJTŐ TÁLCA
2. BÉLSÁR GYŰJTŐ TÁLCA
3. ETETŐ
4. HÁTSÓ HATÁROLÓ
5. OLDALFAL
6. MŰANYAG RÁCS



PANNON EGYETEM SERTÉS ANYAGCSERE VIZSGÁLÓ KOCSI

HÁTUL NÉZET

4. Melléklet – Számolótábla

súlygyarapodás (kg/hét)
súlygyarapodás (kg/nap)
takarmányfogyasztás (g/nap)
takarmány fehérje tartalma %
N felvétel (g/nap) ((takarmányfogyasztás g * táp fehérjetartalom %) / 6,25)
bélsár mennyisége (g/nap) nedves
bélsár N (%) száraz Wágner
bélsár szárazanyag (60 C°)
bélsár N (g/kg) nedves
bélsár N ürítés (g/nap)
N emészthetőség (%) ((N felvétel (g/nap) - bélsár N ürítés (g/nap)) / (N felvétel (g/nap)))
vizelet ürítés (g/nap)
vizelet N-tartalma (g/kg)
vizelet N-ürítés (g/nap)
Összes N ürítés (g/nap) (bélsár N ürítés g/nap + vizelet N ürítés g/nap)
vizelet N ürítés : bélsár N ürítés
vizelet N ürítés aránya
bélsár N ürítés aránya az összes N- ből
N retenció (g/nap) (N felvétel g/nap - összes N ürítés g/nap)
N retenció % ((N felvétel g/nap - összes N ürítés g/nap)/N felvétel g/nap)
N retenció az emészthető fehérje %-ában (N retenció g/nap/(N felvétel g/nap*N emészthetőség %)*100)
Összes N ürítés (kg/állat/év) (Nürítés g/nap * 0,365)

5. Melléklet – 1. kísérlet hatásnagyság vizsgálati eredményeinek SPSS output-jai

A táblázatokban a hatásnagyságot a parciális eta négyzet mutató adja meg.

1. Bélsár N ürités

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: érték						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1742,808 ^a	23	75,774	37,859	,000	,886
Intercept	10439,512	1	10439,512	5215,854	,000	,979
Genotípus	98,629	1	98,629	49,278	,000	,306
korcsoport	969,128	3	323,043	161,401	,000	,812
kezelés	226,598	2	113,299	56,607	,000	,503
Genotípus * korcsoport	66,692	3	22,231	11,107	,000	,229
Genotípus * kezelés	108,903	2	54,452	27,206	,000	,327
korcsoport * kezelés	136,936	6	22,823	11,403	,000	,379
Genotípus * korcsoport * kezelés	144,724	6	24,121	12,051	,000	,392
Error	224,168	112	2,001			
Total	12530,243	136				
Corrected Total	1966,975	135				

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,863)

2. Vizelet N ürités

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: érték						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	10204,591 ^a	23	443,678	30,131	,000	,861
Intercept	32302,322	1	32302,322	2193,704	,000	,951
Genotípus	2828,631	1	2828,631	192,097	,000	,632
korcsoport	4569,993	3	1523,331	103,452	,000	,735
kezelés	1239,893	2	619,947	42,102	,000	,429
Genotípus * korcsoport	545,705	3	181,902	12,353	,000	,249
Genotípus * kezelés	38,330	2	19,165	1,302	,276	,023
korcsoport * kezelés	265,321	6	44,220	3,003	,009	,139
Genotípus * korcsoport * kezelés	250,571	6	41,762	2,836	,013	,132
Error	1649,201	112	14,725			
Total	44902,581	136				
Corrected Total	11853,792	135				

a. R Squared = ,861 (Adjusted R Squared = ,832)

3. Vizelet N ürítésének aránya

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: érték						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	8151,059 ^a	23	354,394	7,759	,000	,614
Intercept	506191,975	1	506191,975	11082,258	,000	,990
Genotípus	3248,708	1	3248,708	71,125	,000	,388
korcsoport	962,025	3	320,675	7,021	,000	,158
kezelés	695,972	2	347,986	7,619	,001	,120
Genotípus * korcsoport	830,355	3	276,785	6,060	,001	,140
Genotípus * kezelés	297,419	2	148,710	3,256	,042	,055
korcsoport * kezelés	638,189	6	106,365	2,329	,037	,111
Genotípus * korcsoport * kezelés	1201,830	6	200,305	4,385	,001	,190
Error	5115,700	112	45,676			
Total	524880,361	136				
Corrected Total	13266,759	135				

a. R Squared = ,614 (Adjusted R Squared = ,535)

4. Összes N ürítés

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: érték						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	18739,778 ^a	23	814,773	61,572	,000	,927
Intercept	79468,962	1	79468,962	6005,461	,000	,982
Genotípus	3983,640	1	3983,640	301,043	,000	,729
korcsoport	9608,843	3	3202,948	242,046	,000	,866
kezelés	2500,639	2	1250,319	94,486	,000	,628
Genotípus * korcsoport	897,429	3	299,143	22,606	,000	,377
Genotípus * kezelés	113,816	2	56,908	4,301	,016	,071
korcsoport * kezelés	650,031	6	108,339	8,187	,000	,305
Genotípus * korcsoport * kezelés	343,780	6	57,297	4,330	,001	,188
Error	1482,072	112	13,233			
Total	101202,513	136				
Corrected Total	20221,850	135				

a. R Squared = ,927 (Adjusted R Squared = ,912)

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkám zárásaként szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Dublecz Károlynak, hogy bevezetett engem a takarmányozás világába és doktori tanulmányaim során fáradhatatlanul segítette munkámat. Hálával tartozom Benedek Zsuzsanna Tanárnőnek is, hisz nélküle soha nem kerültem volna be, a végül disszertációm témáját adó kutatócsoportba. A sertésstenyésztés iránti szeretete egész munkámra kihatott és örökké példa marad. Valamint szeretném megköszönni Hegedűsné Dr. Branyai Nórának a számos statisztikával kapcsolatos kérdéseimre adott türelmes válaszát.

Szeretném megköszönni MATE Georgikon Campus Állattudományi Tanszékéhez tartozó takarmányanalitikai laboratórium munkatársainak, Dr. Wágner Lászlónak, Péterné Farkas Eszternek, Poós Fábián Boglárkának és Magyar Lászlónak a kísérleti minták feldolgozása során nyújtott segítségét. Köszönöm a kísérleti telep alkalmazottainak Osvald Józsefnek és Ábrahám Tamásnak a kísérleti takarmányok elkészítésében és alkalmanként az állatok gondozásában nyújtott segítségét. Köszönöm továbbá, Dr. Farkas Valériának a takarmányalapanyagok és egyéb kísérleti eszközök beszerzése során nyújtott segítségét. Köszönöm a tanszéki csoportunk minden munkatársának, hogy mellettem álltak és bíztattak munkám során.

Köszönöm a lelkes, Georgikonos diákok segítségét, akik nélkül a kísérletek lebonyolítása nem sikerült volna, hisz Ők voltak velem nap, mint a nap az állatok mellett és a takarmány keverőben. Köszönöm: Farkas Levente, László Ivett, Török Nándor, Gilinger Gábor, Kovács Ákos, Valásek Soma, Várhelyi Vanda, Bálint Fekete, Molnár Jázmin és Talhammer Zsófia.

Köszönöm Such Nikoletta PhD-s társamnak, a már állattenyésztőmérnök-hallgató korunk óta tartó barátságát és a doktori tanulmányaim alatti rengeteg segítségét, lelki támogatását.

Végezetül hálával tartozom a szüleimnek, testvéreimnek és férjemnek, Geicsnek Tamásnak, hogy mindig támogattak mindenben, türelemmel segítettek és megértőek voltak, ha szükség volt rá.