

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Kasza Rozália

Kaposvár

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Kaposvári Campus

**A teljes test zsírtartalmára folytatott szelekció
kapcsolata a nyulak kondíciójával és termelésével**

DOI:10.54598/005660

Kasza Rozália

Kaposvár

2025

A doktori iskola

megnevezése: Állattenyésztési tudományok Doktori Iskola

tudományága: Állattenyésztés-tudományok

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

Témavezető(k): Prof. Dr. Matics Zsolt
egyetemi tanár
Széchenyi István Egyetem,
Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar,
Állattudományi Tanszék

Dr. Donkó Tamás
c. egyetemi docens, kutatási egység vezető
Medicopus Nonprofit Kft.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK	5
1.1. Célkitűzések.....	6
2. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	7
2.1. Kétirányú szelekció	7
2.2. Tartási körülmények	10
2.3. Statisztikai értékelés	11
3. EREDMÉNYEK	13
3.1. Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának computer tomográffal történő becslésének eredményessége.....	13
3.2. Testzsír-tartalomra végzett szelekció: genetikai paraméterek, szelekciós előrehaladás	14
3.3. A 10 hetes korban és a tenyésztésbevétel előtt becsült teljes testzsír-tartalom kapcsolatának vizsgálata	15
3.4. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása az anyanyulak termelésére	16
3.5. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása a növendéknyulak termelésére és vágási tulajdonságaira	17
4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	21
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	23
6. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK	25
6.1. Idegen nyelvű folyóiratcikk.....	25
6.2. Magyar nyelvű folyóiratcikk	25
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	26

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A vemhesség utolsó napjaiban, valamint a laktáció csúcsán az anyanyulak nem képesek annyi takarmányt felvenni, amennyi fedezné energiaszükségletüket, ezért kénytelenek saját tartalékaikat mozgósítani, ami a kondíciójuk romlásához vezethet. Az első termékenyítés idején az anyanyulak testsúlya a kifejlett korinak a 75-80%-át éri el. Az első vemhesség, majd laktáció alatt az anyanyulak saját testsúlya is gyarapszik, ami szintén energia és táplálóanyag felvételt igényel. A fiatal anyanyulaknál ez a többszörös energiahányos állapot (egy időben szoptat, vemhes a következő alommal és saját teste is növekszik) a kondíció súlyos leromlásához, rosszabb termelési eredményekhez és gyakran selejtezéshez vezethet.

A kondíciót a zsírdépók mennyiségével jellemezhetjük, ami legpontosabban a teljes test próbavágást követő kémiai analízisével határozható meg. Az élő állaton elvégezhető eljárások közül az ultrahang és a teljes test elektromos vezetőképességének mérése (TOBEC) kevésbé megbízhatóak, a mágneses rezonanciás eljárás lényegesen pontosabb információkat ad, azonban költséges és időigényes, ami nem teszi lehetővé a szelekciós célú alkalmazásukat. Ezzel szemben a komputer tomográfia (CT) gyors, pontos, a teljes test összetételéről, zsírtartalmáról megbízható képet ad és nem utolsó sorban jó ár/érték aránnyal rendelkezik.

Mindemellett a fejlett országok fogyasztói egyre magasabb igényeket támasztanak az elfogyasztott élelmiszerek minőségével szemben. Ennek eredményeként a húsipar is nagy hangsúlyt fektet

a húsminőségre. A zsírtartalom pedig jelentősen befolyásolja a hús minőségét.

1.1. Célkitűzések

Fentiekből kiindulva célunk volt, hogy megvizsgáljuk, milyen lehetőség van CT vizsgálatok alapján a kondíció szelekcióval történő javítására és ennek milyen hatása van az anyanyulak termelésére. Kétirányú szelekcióval, vagyis a zsírosabb és a soványabb egyedek párhuzamos kiválasztásával, az így szelektált anyanyulak termelésének vizsgálatával szeretnénk volna a fenti kérdésre választ kapni.

Mivel a nyulak szelekciós célú kiválasztása általában 10 hetes életkor körül történik, tenyésztésbevitelükre azonban csak lényegesen később, 16 hetes kor után kerül sor, ezért fontosnak tartottuk kideríteni, milyen kapcsolat van a tenyésztésbevitel előtt (16-19 hetes életkor) becsült teljes testzsír-tartalom és a 10 hetes korban becsült testzsír-tartalom között.

A nyúltenyésztés elsődleges célja a hústermelés és a minőségi nyúlhús előállítás, így további célunk volt annak vizsgálata, hogy miként befolyásolja a teljes test zsírtartalmára végzett kétirányú szelekció a növendék nyulak termelését és a vágási tulajdonságait.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Kétirányú szelekció

Kétirányú szelekciót folytattunk a nyulak testzsír-tartalma alapján 4 generáción keresztül 2014 és 2016 között a Pannon Kanyúlfaftával, ami a Pannon tenyésztési program anyai fajtája, a Kaposvári Egyetem nyúltelepén. A fajta kialakítása 1999-ben kezdődött és 2003-ban ismerték el hivatalosan is fajtának, azóta az élve született kisnyulak számára volt szelektálva.

A vizsgálat kezdetén, 351 Pannon Ka növendéknyúl került véletlenszerűen kiválasztásra két egymást követő fialásból 2013 novemberében és 2014 januárjában. A szelekciós tulajdonság a zsírindex volt, amelyet úgy számítottunk ki, hogy a teljes test CT-vel becsült zsírtartalmának térfogat értékét (cm^3) az élősúlyra (kg) vetítettük. A CT vizsgálatokat a Kaposvári Egyetem, Diagnosztikai és Onkoradiológiai Intézetének Siemens Sensation Cardiac CT berendezésével készítettük, a következő beállításokat alkalmazva: csőfeszültség – 120kV, sugárdózis 140mAs, spirál adatgyűjtési mód, pitch faktor 1, látómező 500 mm. A keresztmetszeti digitális képalkotás az ISO 9001:2015 minőségirányítási rendszer és az ISO 14001:2015 környezetirányítási rendszer szerint történt. A felvételezés és adatgyűjtés ideje alatt a nyulak hármásával, speciális tartókban, hason fekvő helyzetben voltak rögzítve hevederekkel, altatás nélkül. A nyers adatokból átfedő képeket rekonstruáltunk 2 mm-es szeletvastagsággal, melyeket „dicom” (Digital Imaging Communication Of Medicine) formátumban archiváltunk.

A képsorozatokon automatikusan elkülönítésre került a három egyed, majd egy erre a célra fejlesztett algoritmussal eltávolítottuk

a tartókat a képekről (Kovács és mtsai, 2013). A zsír térfogat meghatározásához küszöbölési technikát alkalmaztunk, OpenIP szoftverrel (Kovács és mtsai, 2010), ahol a -20 és -200 közötti Hounsfield értékekkel rendelkező voxeleket (Romvári és mtsai, 1996; McEvoy és mtsai, 2008) szegmentáltuk előtérként, a teljes testről gyűjtve az adatokat.

A parciális térfogat hatás csökkentésére feltétlen szükség volt, mivel különösen a bőr és a levegő határterületén a kevert voxelek nagy mennyiségű, zsírra jellemző denzitású térfogatokat eredményeztek. Erre a feladatra egy morfológiai eszközt (erózió) alkalmaztunk (morfológiai korrekció) (Beier és mtsai, 1998; Kovács és mtsai, 2010, Donkó és mtsai, 2016). A korrigált szegmentációt követően kijelölt előtér voxelek térfogatát használtuk a továbbiakban a zsírindex kiszámításához.

A tenyésznövendék nyulakat, a beltenyésztés elkerülése érdekében, a kiinduló fajta 4 vonalából egyenlő arányban választottuk ki. Annak érdekében, hogy minél nagyobb létszámból tudjunk tenyésznövendékeket kiválasztani, a 3. és 4. generációhoz már két-két fialásból hagytunk meg tenyészutánpótlást. A következő generációhoz az első almokból szelektáltuk a hím-, a második almokból a nőivarú nyulakat, így a bakok hat héttel idősebbek voltak az anyáknál, azért, hogy az első termékenyítéskor is legyen elegendő és jó minőségű ondó (Gen2). A következő generáció kiválasztásakor hasonlóképpen jártunk el (Gen3). A CT-vizsgálatok költségeinek optimalizálása érdekében az alomtársak közül általában egy hím és egy vagy két, átlagoshoz közeli testtömegű (1,88-2,80 kg) nőstény nyulat választottunk ki.

Összességében a vizsgálat 1663 Pannon Ka nyúl zsírindex rekordján alapult, a pedigre 2668 egyed tartalmazott.

A több vizsgált generáció során az egyes kiválasztások alkalmával, egészen eltérő átlagsúlyú állományokból kellett a válogatást elvégeznünk, főként ebből adódik a széles testsúly-tartomány. Mivel az egyes generációkban 4 fialás eredményét követtük nyomon, így a soron következő generációk tenyésznnyulainak felnevelési időszaka különböző évszakokra esett, ami a nyulak testsúlyát jelentősen befolyásolta.

Az anyanyulakat az első 3 generációban a telepi gyakorlatnak megfelelően 19 hetes életkorban vettük tenyésztésbe, azonban a korábbi életkorban történő tenyésztésbevitelkor nagyobb jelentősége lehet a testzsír-tartalombeli különbségnek. Ezért a 4. generáció anyanyulait 16,5 hetesen vettük tenyésztésbe, hogy lássuk miként alakul a Zsíros és Sovány nyulak termelése, ha a legelterjedtebben alkalmazott módszer szerint, a lehető legkorábban tenyésztésbe vesszük őket. Nyulaknál a tenyész utánpótlás kiválasztása általában 10 hetes életkorban történik, mert 10-11 hetesen már eléri a vágósúlyt (min. 2,5 kg) és a továbbtenyésztésre ki nem választott egyedek értékesítésre kerülnek. Ezért a szelekcióhoz a CT vizsgálatokat legkésőbb 10 hetes életkorban el kell végezni. Itt fontos megemlíteni, hogy a zsír beépülése nyulaknál 10 hetes kor után válik nagyon intenzívvé (Szendrő és mtsai, 1998), így a tenyésztésbevitel (16-20 hetes életkor) idejére a nyulak testzsír-tartalma jelentősen megváltozik. Ezért a tenyésztésre kiválasztott nőivarú nyulakat az első termékenyítés előtt ismét megvizsgáltuk CT-vel.

2.2. Tartási körülmények

Az állatokat a Kaposvári Egyetem nyúltelepén tartottuk, ahol a napi megvilágítás 16 óra volt, a hőmérséklet – évszaktól függően – 15 és 28 °C között változott. A nyulak *ad libitum* fogyaszhattak kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt, súlyszelepes önitatókból korlátlanul ihattak. 42 napos szaporítási ritmust alkalmaztunk, a termékenyítésekhez friss, hígított, egyedi spermát használtunk, minden Zsíros anyát Zsíros, és minden Sovány anyát Sovány bak ondójával termékenyítettünk. Dajkásítást csak csoporton belül végeztünk (1. fialás: max. 8 kisnyúl/alom a további fialások alkalmával max. 10 kisnyúl/alom), szabad szoptatást alkalmaztunk.

Minden generációban az első 4 termékenyítés eredményét értékeltük. Feljegyeztük a fialási arányt, az anyanyulak fialáskori testsúlyát, az alomlétszámot (összes, élve és holtan született, alomkiegyenlítés utáni, 21 és 35 napos), a 21 és 35 napos alomsúlyt, illetve kiszámítottuk a 21 és 35 napos egyedi testsúlyt, és a 0-21., illetve a 0-35. nap közötti szopós elhullást. A négy termékenyítés összesített eredményeiből kiszámítottuk a 100 termékenyítésre jutó választott kisnyulak számát, valamint a választott nyulak összegzett súlyát.

Minden generáció 3. fialásából származó hímivarú nyulakkal hizlalási kísérletet végeztünk. 35 napos választáskor véletlenszerűen, az átlagot reprezentáló egyedeket választottuk ki (60 Sovány és 60 Zsíros egyed) a vizsgálatokhoz. Az állatokat drótrácsból készült ketrecekben helyeztük el (3 nyúl/ketrec; 16 nyúl/m²).

A nyulak súlyát és az elfogyasztott takarmányt 5 és 11 hetes kor között hetente mértük. Kiszámoltuk a napi súlygyarapodást, a napi takarmányfogyasztást és a takarmányértékesítést. Az elhullást naponta feljegyeztük. A testsúlyt és súlygyarapodást egyedileg, a takarmányfogyasztást és takarmányértékesítést ketrecenként értékeltük.

2.3. Statisztikai értékelés

A vállövi és vese körüli zsír súlya és a CT képek feldolgozása alapján becsült teljes test zsír térfogat között Pearson korrelációs koefficiens és parciális korrelációs számítást, a csoportok átlagainak összehasonlításánál t-próbát alkalmaztunk. A statisztikai analízishez az R statisztikai programcsomag 3.6.1 verzióját használtuk (R Core Team, 2013).

A zsírindexek öröklődését, tenyésztértékeit és genetikai trendjeit a BLUP és REML módszer segítségével becsültük meg PEST (Groeneveld, 1990) és VCE6 szoftver (Groeneveld és mtsai, 2008) használatával. A Sovány és a Zsíros vonal zsírindexét azonos tulajdonságnak tekintettük, így egyetlen tulajdonságú állatmodellt alkalmaztunk. A zsírindex modelljének felépítése a következő volt:

$$y = Xb + Za + Wc + e$$

ahol: y = fenotípusos megfigyelések vektora, b = fix hatások vektora, a = additív genetikai hatások vektora, c = közös alomhatások vektora, e = reziduálisok vektora, X , Z és W előfordulási mátrixok.

A 10 hetes életkori és a termékenyítés előtti zsírindexek közötti kapcsolatot Spearman rangkorrelációs együtthatóval értékeltük.

Az elemzés az R szoftverrel (ver.3.6.0) (R Core Team, 2018) és a ggplot2-vel (ver.3.2.0) (Wickham, 2016) készült.

Generációnként az anyák termelési tulajdonságait GLM-teszttel elemeztük (a fix hatások a vonal (Sovány vagy Zsíros) és a termékenyítési sorrend (1-4) voltak) R szoftver (ver.3.6.0) segítségével (R Core Team, 2018)). A fialási arányt és az elhullást Chi-négyzet próbával értékeltük.

A növendéknyulak termelési és vágási tulajdonságainak értékelésekor a szelekció irányának (Sovány, Zsíros) és az egymást követő generációknak (1-4), illetve a kettő közötti interakciónak a hatását a SAS GLM eljárásával teszteltük. (Mivel nem kaptunk a faktorok között szignifikáns interakciót ezeknek az eredményét nem közöljük). A legkisebb négyzetek közötti különbségek vizsgálatát Tukey teszttel végeztük (GLM eljárás pdiff opciója). Az elhullási adatokat Chi-négyzet próbával értékeltük.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának computer tomográffal történő becslésének eredményessége

Vizsgálatunkban a nyulak kondícióját a teljes test zsírszöveteinek CT-vel mért összesített térfogatával fejeztük ki. Referenciaként a két legnagyobb zsírdepó (vállövi és vese körüli) súlyát használtuk, melyeket próbavágás során mértünk meg. A vizsgálatba vont Pannon Ka genotípusú nyulak két csoportjában (Sovány és Zsíros) mért paramétereket külön-külön és együtt is feltüntettük, és összehasonlítottuk az átlagaikat.

A két csoport vizsgálatba vont egyedeinek élősúlya nem különbözött egymástól. A vállövi zsír mennyisége a vesekörüli zsírnak átlagosan egy harmadát tette ki mindkét csoportban. A Zsíros csoport vállövi- és vesekörüli zsírtartalma szignifikánsan több, mintegy 1,5-2-szerese volt, mint a Sovány csoporté. Ezek az értékek a zsírtartalomra történő szelekció eredményességét támasztják alá, hasonlóan az előző generációkban kapott eredményekhez.

A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció ötödik generációjában mért vágott test vese körüli- és vállövi zsírdepóit összeadva viszonyítottuk a teljes test CT-vel becsült zsír térfogatához. A teljesen automatikus képfeldolgozással, a küszöböléses technikát morfológiai korrekcióval kiegészítve kapott zsírtérfogat eredmények közepes és szoros korrelációt ($R=0,749-0,917$; $P<0,01$) adtak a zsírdepók súlyával.

A testsúlyra korrigált korrelációk a Sovány nyulak esetében közepesen szoros, a Zsíros csoportban és a két zsírdepót (vállövi

és vese körüli), vagy a két csoportot összevonva szoros összefüggést mutattak. A testsúllyal történő korrekció a Sovány csoportban a korrelációs koefficiens kb. egy tizedes csökkenését eredményezte. A Zsíros csoportnál mérsékeltabb volt a csökkenés, míg a két csoport együtt történő értékelése esetén a csökkenés mértéke 0,01–0,03 volt. Az eredmények arra engednek következtetni, hogy a kondíció meghatározása nagyobb hibával terhelt a kisebb zsírtartalom (Sovány csoport) esetén, illetve ilyen esetben jelentősebb az élősúly hatása.

3.2. Testzsír-tartalomra végzett szelekció: genetikai paraméterek, szelekciós előrehaladás

A zsírindex becsült örökölhetősége mérsékelt ($0,28 \pm 0,03$), míg a közös alomhatás mértéke alacsony ($0,10 \pm 0,02$). A zsírral kapcsolatos tulajdonságok örökölhetőségére vonatkozó becslések nem túl gyakoriak az irodalomban, mert, hacsak nem nem invazív technikákat, például CT-t vagy TOBEC-et használnak, az örökölhetőség pontosabb becsléséhez az állatok levágása szükséges.

A nőivarú nyulak zsírindexe átlagosan $2,1 \text{ cm}^3/\text{kg}$ -mal magasabb volt, mint a hímeké, míg az évszakhatások erősen változóak voltak, maximum $17,8 \text{ cm}^3/\text{kg}$ különbséget mutatva a legjobb és a legrosszabb évszak között. A szezonális és ivarhatások kiszűrésével a becsült tenyésztértékek (nemzedékenkénti átlagban) sokkal egyenletesebb tendenciát adtak. A vizsgálat során elért genetikai javulás nagyjából megfelelt az értékelt adatsor additív genetikai szórásának ($9,6 \text{ cm}^3/\text{kg}$). A zsírindexre folytatott szelekció intenzitása a 2. generációban viszonylag alacsonynak

mondható, ugyanis esetenként, a beltenyésztés elkerülése és a minimális tenyészállat létszám fenntartása érdekében az egyes vonalakból olyan egyedeket is meg kellett hagyni továbbtenyésztésre, amelyek nem rendelkeztek a Sovány csoportban elegendően kicsi, vagy a Zsíros csoportban elegendően nagy zsírindexszel.

3.3. A 10 hetes korban és a tenyésztésbevitel előtt becsült teljes testzsír-tartalom kapcsolatának vizsgálata

A tenyésznyúlnak kiválasztott nőivarú egyedek 10 hetes korban számított és első termékenyítés előtti zsírindexei között az 1. és 2. generációban mérsékelt összefüggést kaptunk ($R^2 = 0,325$, illetve $0,260$; $P < 0,001$). A 3. és 4. generációkban már közepes erősségű ($R^2 = 0,548$, illetve $0,669$; $P < 0,001$) összefüggést kaptunk. A 4. generációban az előzőekben leírtak, valamint a fiatalabb kori (16,5 hetes) tenyésztésbe vétel eredményeként még szorosabb kapcsolatot találtunk a 10 hetes kori és a tenyésztésbevitel előtt becsült zsírindexek között. Az első három generációban a későbbi életkorban (19 hetesen) történő tenyésztésbevitel következtében a 10 hetes életkorban még kevésbé zsíros egyedek kondíciója is feljavulhatott így a csoportok között tenyésztésbevitelkor már nem mutatkozott akkora eltérés a zsírindexben, mint tenyész kiválasztáskor. A „kiugró” értékeket mutató egyedeket kihagyva a továbbtenyésztésből a csoportok közötti különbség, valamint a kétféle időpontban végzett zsírindex becslés szorossága növelhető. Érdemes lehet tehát a szelekciót két lépcsőben elvégezni, oly módon, hogy a tenyésztésbevitel előtt

újából becsült testzsírtartalom alapján kiszűrjük a „kiugró” egyedeket.

3.4. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása az anyanyulak termelésére

Az 1-4. termékenyítés összesített adatai alapján a fialási arány mindkét csoportban magas szintet ért el. Az első három generációban nem kaptunk statisztikailag igazolható különbséget a csoportok között, azonban a negyedik generációban - ahol az anyákat 16,5 hetesen vettük tenyésztésbe - a Zsíros csoport anyanyulai közül szignifikánsan több fialt, mint a Sovány csoportban (70,1% vs. 85,2%; $P < 0,001$). Az 1-3. generációban alkalmazott későbbi, 19 hetes kori tenyésztésbevitel esetén a Sovány nyulak is megfelelő kondícióba kerülhettek. Az első két generációban nem találtunk különbséget az anyák fialáskori testsúlyában, a harmadik generációban azonban a Sovány nyulak nehezebbek voltak a Zsíros anyanyulaknál (4,20kg vs. 4,11kg; $P < 0,05$), és ez a különbség tovább nőtt a negyedik generációban. Az összes, az élve és a holtan született, a 21 és a 35 napos fiókák számában egyik generációban sem volt különbség a két csoport között. Az első két generációban a fiókák 21 és 35 napos egyedi testsúlyában sem volt különbség, a harmadik generációban azonban statisztikailag igazolhatóan nagyobb súlyt értek el a Sovány anyák fiókái (21 napos: 352g vs. 331g; 35 napos: 832g vs. 799g; $P = 0,001$). A negyedik generációban viszont nem találtunk különbséget a csoportok között a fiókák 21 és 35 napos súlyában. A születés és 21 napos kor közötti szopós elhullásban csak a negyedik generációban kaptunk szignifikáns különbséget (13,3%

vs. 9,9%; $P < 0,01$), a Sovány csoportban több kisnyúl hullott el, mint a Zsírosban.

A nyúltenyésztők szempontjából fontos, hogy adott számú termékenyítésre vetítve mennyi nyulat és milyen testsúllyal tudnak leválasztani. A 100 termékenyítésre jutó választott nyulak számában, az 1., a 2., a 3. és a 4. generációban, sorrendben 4; 1; 2 és 24%-os különbséget kaptunk a Zsíros nyulak javára. A 100 termékenyítésre jutó választott nyulak összegzett súlyában az első generációban 4%-os különbséget kaptunk a csoportok között a Zsíros nyulak javára, ez a különbség a 2. generációban 1%-ra csökkent, majd a 3. generációban már a Sovány nyulaknál tudtunk közel 6%-kal nagyobb összsúlyban nyulat leválasztani. Ez utóbbi valószínűleg annak köszönhető, hogy a többi generációval ellentétben, itt közel azonos volt az anyák fialási aránya, míg a sovány nyulak súlya nagyobb volt 35 napos korban. A 4. generációban viszont 24%-kal kevesebb nyulat tudtunk leválasztani a Sovány anyáktól.

3.5. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása a növendéknyulak termelésére és vágási tulajdonságaira

Az 1. és 2. generációban nem volt különbség a nyulak testsúlyában sem 5, sem 11 hetes életkorban. A 3. generációban az alacsony testzsírtartalomra szelektált nyulak nehezebbek voltak 5 hetesen, mint a Zsíros nyulak (841g vs. 812g; $P < 0,05$). Súlygyarapodásban és 11 hetes testsúlyban egyik generációban sem kaptunk szignifikáns különbséget. A takarmányfogyasztásban nem volt különbség az első két generációban a vonalak között, a 3. és 4. generációban azonban a Zsíros nyulak már 5%-kal több

takarmányt fogyasztottak, mint a Soványak ($P < 0,05$). Az elhullást egyik generációban sem befolyásolta a szelekció iránya.

A vágási kitermelésben a csoportok között az egyes generációkon belül nem kaptunk különbséget, a szelekció előrehaladásával mindkét csoportban nőtt a vágási kitermelés. Az elülső rész referencia karkaszhoz viszonyított arányában a 2. és 4. generációban kaptunk statisztikailag igazolható különbséget a Sovány csoport javára. Az 1. generációban a középső rész aránya nagyobb volt a Zsíros csoportban, azonban a későbbi generációkban már nem találtunk ilyen különbséget. A hátulsó rész aránya nem különbözött a két csoportban az első két generációban, a 3. és 4. generációban azonban a hátulsó rész aránya nagyobb volt a Zsíros nyulakban, mint a Soványakban.

A teljes testzsír-tartalomra végzett kétirányú szelekció eredményeként a vesekörüli- és a vállövi zsír nagyobb volt a Zsíros csoportban. Vizsgálatunkban az időközben történt takarmányösszetétel változás és a különböző évszakok hatása miatt a kétirányú szelekció szimmetriája nem értékelhető megbízhatóan. A nyulak nyáron történő hizlalásakor és vágásakor a takarmányfelvétel és a zsírlerakódás csökkent a többi évszakhoz képest. A vesekörüli zsír és a vállövi zsír referencia karkaszhoz viszonyított aránya 1,74, 1,57 és 1,69-szor nagyobb volt a Zsíros vonalban, mint a Soványban.

Az 1. generációban a négy húsrész összetétele közel azonos volt a Sovány és Zsíros nyulakban ($P > 0,05$). A Sovány és a Zsíros csoportok egy generáción belüli összehasonlítása során a hosszú hátizom zsírtartalma hasonló volt ($P > 0,05$) a két csoportban mind a négy generációban. Hasonló eredményt tapasztaltunk a hátulsó

lábak esetében az első két generációban, de a kétirányú szelekció 3. generációjában a zsírtartalom eltérő tendenciát mutatott ($P<0,10$) a magasabb zsírtartalomra szelektált csoportban, mint a Sovány csoportban. Ez a tendencia szignifikánssá vált ($P<0,001$) a 4. generációban, ahol a Zsíros csoport magasabb zsírtartalommal rendelkezett, mint a Sovány csoport (5,98 vs. 5,10 g/100 g hús a Zsíros és Sovány csoportokban).

Az elülső lábak és a hasfalak esetében a hús összetételét tekintve a két csoport közötti különbség már a 2. generációban megmutatkozott, és a különbség a következő generációkban is megmaradt. A zsír mennyisége azonban nem az egyetlen minőségi paraméter volt, amelyet a teljes testzsír-tartalomra folytatott kétirányú szelekció befolyásolt. A zsírtartalom növekedését/csökkenését a nedvességtartalom ellentétes változása kísérte ($P<0,001$), a fehérjetartalom változatlan maradt ($P>0,05$). Az egyetlen kivételt a 4. generáció elülső láb mintáiban tapasztaltuk: a nedvesség- és zsírtartalommal együtt a fehérjetartalom is különbözött a Sovány és a Zsíros csoportban (16,2 vs. 15,2 g/100 g hús a Sovány és Zsíros csoportban; $P<0,01$). A generáció hatása szignifikáns volt ($P<0,05$) az általunk vizsgált összes húsrész esetében, ami az egyes húsrészek összetételében bekövetkezett progresszív és kumulatív módosulásoknak tudható be a kétirányú szelekció generációiban, a szelekció irányától függetlenül. A generáció erős hatása azt jelzi, hogy a húsrészek kémiai összetétele megváltozott a négy generáció során, de ezen hatás magába foglalja a szezonális/csoportos torzítást.

A két vonal közötti különbség az összes húsrészben generációról generációra nőtt. A zsírtartalom különbségei az 1-től 4-ig

generációk között a négy húsrészben: 0,12-0,16-0,23-0,19% a hosszú hátizomban, 0,41-0,58-0,67-0,85% a hátulsó lábakban, 0,32-2,56-1,97-3,86% az elülső lábakban, illetve 1,41-2,91-3,16-3,47% a hasfal esetében. Szignifikáns hatást azonban csak az elülső láb zsírtartalmában figyelhetünk meg az 1. és 4. generációban ($P < 0,001$). A többi húsrésznél a viszonylag korlátozott mintaszám és az adatok változékonysága miatt nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget.

4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A Sovány és Zsíros nyulak között a CT-vel meghatározott teljes test zsírszövet térfogatában, a vállövi- és a vese körüli zsír súlyában jelentős különbséget kaptunk, ami a szelekció hatékonyságát bizonyítja. A vállövi és vesekörüli zsír és a CT-vel meghatározott teljes testzsír-tartalom közötti szoros korrelációs és parciális korrelációs értékek alapján, a kidolgozott CT vizsgálati és értékelési módszer (küszöbölés, morfológiai korrekció) alkalmazható minden olyan jellegű szelekciós, vagy kísérleti munkában, amelyben az élő nyulak zsírtartalom becslésére van szükség.

A Zsíros és Sovány házinyúl vonal kialakítását célzó kétirányú szelekciós kísérlet sikeres volt, a két vonal testzsír-tartalma közötti különbség generációról generációra nőtt.

A kapott eredmények szerint a 10 hetes kori zsírindexek alapján történő szelekciós módszer megfelelő a továbbtenyésztésre szánt nyulak kiválasztásához. A módszer eredményessége fokozható, ha az első termékenyítés előtt lehetőség van egy újabb becslésre, ami alapján a „kiugró” értéket mutató egyedek tenyésztésbe vétele megelőzhető.

Az első négy generáció eredményei alapján nem látszik egyértelmű különbség, de a nagy testzsír-tartalomra szelektált anyák fialási aránya kedvezőbben alakult, amikor az anyákat korábbi időpontban vettük tenyésztésbe.

Az alacsonyabb teljes testzsír-tartalomra végzett szelekció hasznos lehet az apai vonalak számára, így olyan hústermelő nyulakat állíthatnak elő, amelyeknek kedvezőbb a takarmányértékesítése és kevesebb a vágási vesztesége. Másrészt,

a magasabb teljes testzsír-tartalomra végzett szelekció előnyt jelenthet az anyanyulak számára, ezzel biztosítva számukra nagyobb energiatartalékot, amelyet szükség esetén, azaz a vemhesség végén vagy a laktációs csúcs közelében mobilizálni tudnak.

Általánosságban elmondható, hogy az eredmények megerősítik, hogy a teljes testzsírtartalomra végzett kétirányú szelekció eredményessége a Sovány és Zsíros vonalakban a vizsgált húsrészek zsírtartalmában is megmutatkozott.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Bebizonyítottam, hogy az általunk kidolgozott CT vizsgálati és értékelési módszer alkalmazható olyan jellegű szelekciós vagy kísérleti munkákban, amelyben az élő nyulak testzsír-tartalom becslésére van szükség. A CT felvételek alapján, teljesen automatikus képfeldolgozással, a küszöböléses technikát morfológiai korrekcióval kiegészítve becsült zsírtérfogat értékek közepes és szoros korrelációt ($R = 0,749-0,917$; $P < 0,01$) és ugyancsak közepes és szoros élősúlyra korrigált parciális korrelációt ($R = 0,650-0,907$; $P < 0,01$) mutattak a nyulak egyes zsírdepóinak vágáskor mért súlyával.
2. Megállapítottam, hogy a 10 hetes korban becsült zsírindexek (CT vizsgálat alapján becsült teljes testzsír-tartalom a testsúlyhoz viszonyítva) alapján végzett szelekció alkalmas a továbbtenyésztésre szánt nyulak kiválasztására. A 3. és 4. generációban közepes erősségű ($R^2 = 0,548$, illetve $0,669$; $P < 0,001$) összefüggést kaptunk a 10 hetes kori és az első termékenyítés előtt végzett CT vizsgálat alapján becsült zsírindex értékek között. A szelekciót ugyanakkor érdemes lenne két lépcsőben elvégezni oly módon, hogy a tenyésztésbevitel előtt újból becsült zsírtartalom alapján kiszűrjük a kedvezőtlen értékeket mutató egyedeket.
3. A szelekció során becsült zsírindex örökölhetősége mérsékeltnak ($h^2 = 0,28 \pm 0,03$) bizonyult.
4. A nyulak CT-vel becsült teljes testzsír-tartalma alapján magasabb testzsírtartalomra szelektált anyanyulaktól leválasztott nyulak száma minden generációban magasabb

volt, mint az alacsony testzsírtartalmú anyáktól választott nyulak száma.

5. A nyulak CT-vel becsült teljes testzsír-tartalma alapján folytatott szelekció eredményeként, a testzsír-tartalom növelésére szelektált vonal hízőnyulainak takarmányértékesítése a 4. generációban kedvezőtlenebbül alakult, mint a testzsír-tartalom csökkentésére szelektált vonalban (7,7%; $P < 0,05$). A vesekörüli zsír referencia karkaszhoz viszonyított aránya szignifikánsan nagyobb volt a nagyobb zsírindexre szelektált vonalban, mint a zsírindex csökkentésére szelektált nyulaknál (1,79% vs. 0,88%; $P < 0,05$).
6. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció eredménye megmutatkozott a növendéknyulak zsírdepóinak és a különböző húsrészek zsírtartalmának alakulásában is. A teljes test zsírtartalmának csökkentésére szelektált nyulak vállövi és vesekörüli zsírjának tömege, valamint a különböző húsrészek zsírtartalma minden generációban kisebb volt a teljes test zsírtartalmának növelésére szelektált nyulak vállövi és vesekörüli zsírjának tömegénél, valamint a húsrészek zsírtartalmánál.

6. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL

MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

6.1. Idegen nyelvű folyóiratcikk

Kasza, R., Matics, Zs., Gerencsér, Zs., Donkó, T., Radnai, I., Szendrő, Zs., Nagy, I. 2020. Divergent selection for fat index in Pannon Ka rabbits: genetic parameters, selection response World Rabbit Science 28: 3 pp. 129-133.

Kasza, R., Donkó, T., Matics, Zs., Nagy, I., Csóka Á., Kovács Gy., Gerencsér Zs., Dalle Zotte A., Cullere M., Szendrő Zs., 2020. Rabbit Lines Divergently Selected for Total Body Fat Content: Correlated Responses on Growth Performance and Carcass Traits, Animals, 10(10), 1815; doi:10.3390/ani10101815

Cullere, M., Szendrő, Zs, Matics, Zs, Gerencsér, Zs, Kasza, R., Donkó, T, Dalle Zotte, A, 2022. Rabbits Divergently Selected for Total Body Fat Content: Changes in Proximate Composition and Fatty Acids of Different Meat Portions. Animals, 12: 18 p. 2396

6.2. Magyar nyelvű folyóiratcikk

Kasza, R., Szendrő, Zs., Matics, Zs., Gerencsér, Z, Nagy, I, Kovács, Gy, Csóka, Á, Petneházy, Ö, Garamvölgyi, R, Repa, I, Donkó T., 2021. Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának becslése computer tomográffal (Estimation of total body fat content in growing rabbits by means of computed tomography) ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS 70 : 1 pp. 47-57. , 10 p

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Beier, J., Bittner, R. C., Hosten, N., Troeger, J., Felix, R. (1998): Morphological image processing operators Reduction of partial volume effects to improve 3D visualization based on CT data. *Radiologe*, 38. 860-866.
- Donkó T., Czakó B., Kovács, Gy., Petneházy Ö., Kasza R., Szendrő Zs., Garamvölgyi, R., Matics Zs. (2016) Total Body Fat Content Determination By Means Of Computed Tomography (CT) In Rabbits In: *Proc. 11th World Rabbit Congress*, 16-18 June 2016, Qingdao, China
- Groeneveld E. 1990. PEST Users' Manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour Federal Research Centre, Neustadt, Germany 1-61.
- Groeneveld E., Kovac M., Mielenz N. (2008) VCE User's Guide And Reference Manual. Version 6.0. Institute Of Farm Animal Genetics, Neustadt, Germany, 1-125.
- Kovács Gy, Ivan JI, Panyik A And Fazekas A. (2010) The Openip Open Source Image Processing Library In: *Proceedings Of ACM Multimedia 2010 International Conference*, 25-29 October 2010, Firenze, Italy, Pp.1489-1492.
- Kovács Gy., Donkó T., Emri M., Opposits G., Repa I. (2013) Gabor-filter based automatic removal of troughs from CT images. *Second Annual Conference on Body and Carcass Evaluation, Meat Quality, Software and Traceability*, Kaposvár, Farm Animal Imaging, 80-84. ISBN:978 0 9570709 9 8

Mcevoy FJ, Madsen MT, Strathe AB And Svalastoga E. (2008) Hounsfield Unit Dynamics Of Adipose Tissue And Non-Adipose Soft Tissues In Growing Pigs. *Research In Veterinary Science* 84, 300-304.

R Core Team 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>

Romvári R, Milisits G, Szendrő Zs., Horn P. (1996) Measurement Of The Total Body Fat Content Of Growing Rabbits By X-Ray Computerised Tomography And Direct Chemical Analysis. *Acta Veterinaria Hungarica* 44, 145-151.

Szendrő Zs, Biró-Németh E., Radnai I. (1998) "Development Of The Pannon White Rabbit Breed And Changes In Results For Production Between 1988 And 1997." *Zbornik Biotehniske fakultete Univerze v Ljubljani (Slovenia) | Suplement – Kmetijstvo* pp. 125-130

Wickham H (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>.