

Doktori (PhD) értekezés

Kasza Rozália

Kaposvár

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus

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

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. BEVEZETÉS.....	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
2.1. Élettani változások a vemhes és szoptató anyanyulakban, az anyanyulak termelése a kondíciótól függően	9
2.2. Az energiaegyensúlyhoz kapcsolódó hormonális változások a nyulak szervezetében	16
2.3. A kondíció javítására irányuló vizsgálatok.....	17
2.3.1. Takarmányozással kapcsolatos vizsgálatok	17
2.3.2. Szaporítási ritmus megváltoztatása	19
2.4. A házinyulak testösszetételével kapcsolatban végzett műszeres vizsgálatok..	21
2.5. A testzsír-tartalom hatása a növendéknyulak termelésére és vágási tulajdonságaira	22
3. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI.....	26
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	27
4.1. Kétirányú szelekció	27
4.2. Tartási körülmények	32
4.2.1. Nőivar.....	33
4.2.2. Hímivar	34
4.2.3. Növendéknyulak	34
4.3. Vágási körülmények	35
4.4. Vizsgált tulajdonságok.....	35
4.4.1. Szaporasági és nevelési tulajdonságok	35
4.4.2. Termelési tulajdonságok	36
4.4.3. Vágási tulajdonságok	36
4.5. Statisztikai értékelés	36
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	38

5.1. Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának computer tomográffal történő becslésének eredményessége	38
5.2. Testzsírtartalomra végzett szelekció: genetikai paraméterek, szelekciós előrehaladás	42
5.3. A 10 hetes korban és a tenyésztésbevitel előtt becsült teljes testzsír-tartalom kapcsolatának vizsgálata.....	44
5.4. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása az anyanyulak termelésére	46
5.5. A teljes test zsírtartalmára folytatott kétirányú szelekció hatása a növendéknyulak termelésére és vágási tulajdonságaira	50
5.5.1. Termelési tulajdonságok	50
5.5.2. Vágási tulajdonságok	52
5.5.3. Az egyes húsrészek zsírtartalma	55
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	59
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	60
8. ÖSSZEFOGLALÁS	62
9. SUMMARY	66
10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	70
11. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK	71
11.1. Idegen nyelvű folyóiratcikk	71
11.2. Magyar nyelvű folyóiratcikk	71
11.3. Idegen nyelvű konferenciaközlemény, proceeding	71
11.4. Magyar nyelvű konferenciaközlemény, proceeding	73
11.5. Idegen nyelvű konferenciaközlemény, abstract.....	75
12. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜLI PUBLIKÁCIÓK.....	76
M1 IRODALOMJEGYZÉK	82
SZAKMAI ÉLETRAJZ	96

1. BEVEZETÉS

Az állattenyésztésben, ezen belül a nyúltenyésztésben is nagyon fontos tényező az anyaállatok kondíciója, ami a hosszú hasznos élettartamot és a termelés színvonalát alapvetően befolyásolhatja. Az anyanyulak a vemhesség utolsó harmadában, valamint a laktáció csúcsán nem képesek annyi takarmányt felvenni, amennyi fedezné energiaszükségletüket, ezért kénytelenek saját zsírtartalékaikat hasznosítani, ami a kondíciójuk romlásához vezet (Xiccato, 1996).

Tenyésztésbevételekor az anyanyulak testsúlya a kifejelett kori súly 75-80%-át éri el, az első vemhesség és laktáció alatt tehát testsúlyuk még nő, ami szintén energiát és táplálóanyagot igényel. A fenti okok miatt a fiatal anyanyulaknál nagyobb az energia-deficit, ami a kondíció jelentős leromlásához, rosszabb termelési eredményekhez és gyakran selejtezéshez, akár elhulláshoz vezethet (Xiccato, 1996; Rosell és De La Fuente, 2009).

A kondíció jellemzésére elsősorban a zsírdepók mennyiségét használjuk, amelyet csak vágás után lehet megmérni. A teljes test zsírtartalmának meghatározásához pedig kémiai analízisre van szükség. Ez azt jelenti, hogy az egyed tenyésztékét csak több közeli rokon egyed teljesítménye alapján lehet megbecsülni. Élő állaton széles körben használják a kondíció pontszámot (body condition score, de La Fuente és Rosell, 2012), de több nem invazív módszer is ismert. Ilyen az ultrahangos vizsgálat és a teljes test elektromos vezetőképességének mérése (TOBEC), azonban általuk kevésbé megbízható eredményekhez juthatunk (Milisits és mtsai, 2000; Pascual és mtsai, 2004). A magmágneses rezonanciás képalkotás alkalmazásával lényegesen pontosabb eredmények kaphatók, azonban költséges és időigényes, ami a szelekciós célú alkalmazás gátja lehet (Kövr és mtsai, 1998). A computer tomográffal (CT) történő vizsgálat, összehasonlítva az imént említett technikákkal, gyors, jól archiválható és reprodukálható. Ezt a megállapítást támasztják alá Romvári és mtsai (1996, 1998), valamint Milisits és mtsai (1999) közleményei, melyekben sikerrel alkalmazták a CT-t nyulakon a zsírszövet térfogatának becslésére, ahol a becslés alapját az előre meghatározott anatómiai pontokon készített keresztmetszeti felvételek adták. A CT technológia fejlődésének, azaz a gyors felvételezésnek, adatgyűjtésnek és feldolgozásnak köszönhetően ma már lehetséges teljes átfedéssel, az egész testről sorozatfelvétel készítése, akár egy milliméter alatti térbeli felbontással.

Nyúltenyésztésben, a hústermelés növelése céljából már viszonylag régóta végeznek CT vizsgálatokra alapozott szelekciót. A Pannon fehér nyulakkal végzett szelekcióhoz Szendrő és mtsai (2012) a combizom térfogatát becsülték. Az értékeléshez 10 mm-es szeletvastagsággal rekonstruált képeket használtak. Tekintettel arra, hogy a combizmok jelentős térfogatot képviselnek és az adott testtájon - a medencétől a térd ízületig - más, az izomra jellemző denzitású képlet nem befolyásolta jelentősen a becslést, ezért a képek egyszerű küszöböléses szegmentációjával dolgoztak. A zsírszövet esetében azonban ez a módszer nem alkalmazható, mert az egész testen belül - néhány nagyobb zsírdepótól eltekintve - kisebb térfogat egységekben is található zsírszövet, ezért részletgazdagabb leképezés szükséges a pontosabb meghatározáshoz. A felvételek értékelésekor még egy jelentős problémával kell számolnunk, amit a szakirodalom részleges térfogat hatásnak (RTH) nevez. A részleges térfogat hatás jellemzően a különböző szövetek határfelületén jelentkezik, ahol egy térfogat egységen (voxelen) belül több típusú szövet vagy anyag található. Ilyenkor a voxel egy átlagos radiodenzitás (Hounsfield Unit - HU) értéket kap, ami szélsőséges esetben, pl. a bőr és a levegő határán a mínusz 1024-től plusz 60-ig bármilyen értéket felvehet, attól függően, hogy melyiket milyen arányban tartalmazza. Így lehetséges az, hogy ha a zsírra jellemző negatív denzitás értékek térfogatát szeretnénk meghatározni (Romvári és mtsai, 1996), akkor az RTH-ból adódóan jelentős mennyiségű zsírszövetre jellemző voxelt fogunk találni a bőr felületén. A jelenség torzító hatását morfológiai operátor alkalmazásával lehet csökkenteni (Beier és mtsai, 1998; Vester-Christensen és mtsai, 2009).

Donkó és mtsai (2016) olyan vizsgálati módszert dolgoztak ki Pannon fehér fajtájú nyulakon, ahol 10 mm-es szeletvastagság helyett 2 mm-t választva, illetve a morfológiai korrekciót bevezetve, automatikus szegmentációval határozták meg az élő nyulak testének összes zsírszövet térfogatát, a teljes testről készült CT sorozatfelvételek segítségével. Ez módszer ígéretesnek bizonyult szisztematikus vizsgálatok végzésére.

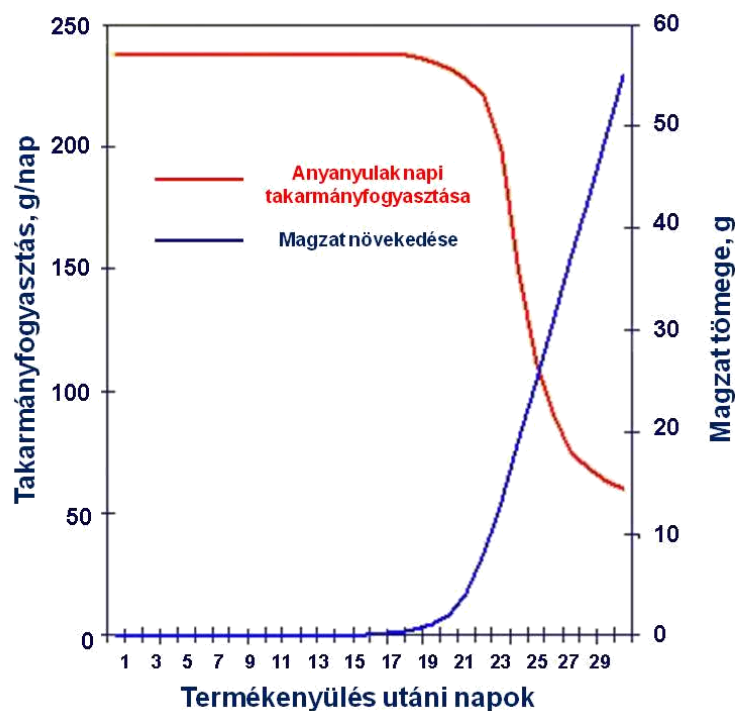
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Élettani változások a vemhes és szoptató anyanyulakban, az anyanyulak termelése a kondíciótól függően

A legtöbb emlős úgy készül az utódok felnevelésére, hogy a vemhesség alatt zsírtartalékokat halmoz fel testében (Oftedal, 2000). A reprodukciós folyamatok (vehem kihordása, laktáció) mellett a létfenntartás is energiát igényel és előfordul, hogy az anya a táplálékból felvett energiából nem tudja fedezni ezeket az igényeket. Főleg az emlős fajokra jellemző, hogy ilyenkor a zsír formájában raktározott energiatartalékokat használja fel az állat szervezete (Pascual, 2010).

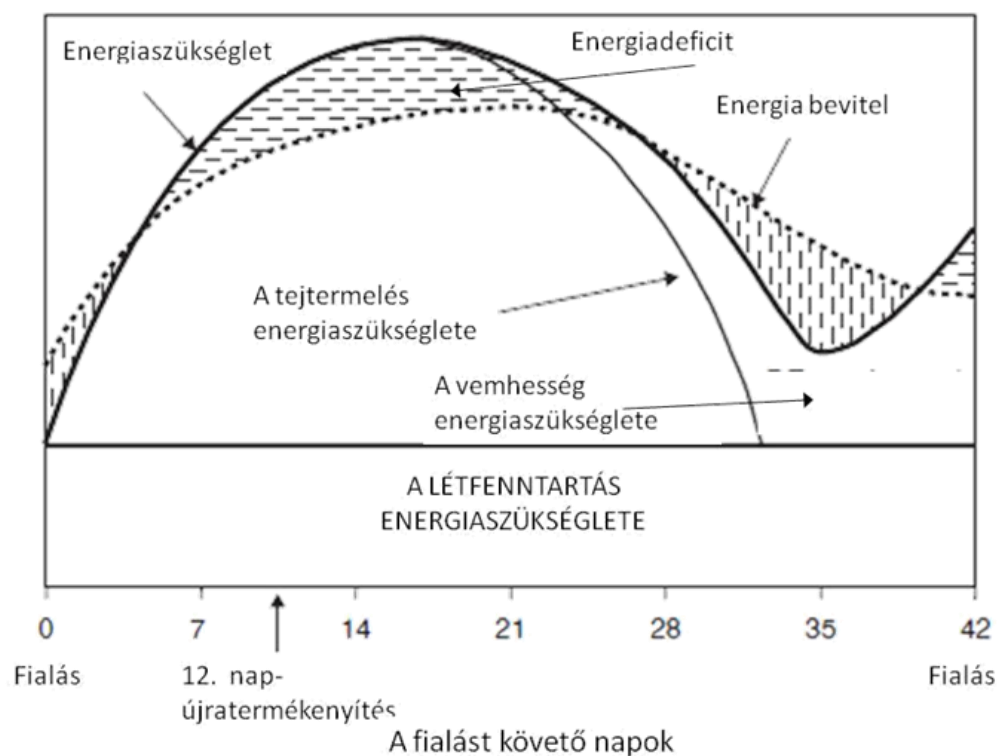
Az intenzív és félintenzív szaporítási ritmusokban minden 35. vagy 42. napon inszeminálják az anyanyulakat, így folyton szoptatnak vagy vemhesek, gyakran egyszerre mindkettő. Ezek a termelési rendszerek olyannyira igénybe veszik a nyulak szervezetét, hogy a tenyész anyanyulak éves pótlási aránya nagyon magas, akár 120 % is lehet (Castellini és mtsai, 2006).

Kamphues (1985) az anyanyulak takarmányfelvételét, illetve a magzatok növekedését elemezte a vemhesség során (1. ábra). Megállapította, hogy a termékenyülés utáni első naptól a 17. napig a takarmányfogyasztásuk közel 250 g/nap értéken stagnált. Azonban a vemhesség utolsó harmadában, ahogy a magzatok testtömege hirtelen növekedni kezdett, úgy drasztikusan csökkent az anyanyulak takarmányfogyasztása, ami a termékenyülés utáni 29. napon már alig érte el az 55 g/napot.



1. ábra: Az anyanyulak takarmányfelvétele és a magzatok növekedése a vemhesség folyamán (Kamphues, 1985 alapján)

A 42 napos szaporítási ritmus esetében a fialás utáni 7. naptól jelentős energiadeficit alakul ki az anyanyulaknál, amely a csúcst a 14. és a 21. nap között éri el, mivel a tejtermelés ekkor a legnagyobb. Ebben az időszakban az anyanyulak nem vesznek fel annyi energiát a takarmánnyal, mint amennyit a tejjel leadnak. A választás után (35. naptól) az anyanyúl energiamérlege újra pozitív lesz, így visszanyerheti a kondícióját, és felkészülhet a következő fialásra (2. ábra; Xiccato, 1996). Ez az időszak azonban a nagyüzemekben leggyakrabban alkalmazott 42 napos szaporítási ritmus esetén nagyon rövid, mert az anyanyúl következő vemhességével egybeesik, amelynek utolsó harmada ugyancsak energiadeficit időszak.



2. ábra: Az anyanyulak energiaigénye a laktáció alatt (Xiccato, 1996 alapján)

Az anyák kiesésének fő okai leggyakrabban az egészségügyi problémák, a gyenge szaporasági eredmények, valamint a rossz kondíció (Garreau és mtsai, 2017). A test állapota összefügg a nyulak energiaegyensúlyával, amely a vemhesség első 3 hetében pozitív, és a szervezet energiát tárol zsír formájában. Ez azért lehetséges, mert a vemhesség alatt az anyanyulak takarmányfelvétele 25-50%-kal növekszik, és mivel a vemhesség első három hetében a magzatok növekedése csekély mértékű, az anyák energia mérlege pozitív marad, a vemhesség utolsó hetében azonban az energiamérleg negatív a növekvő magzatok és a nyulak csökkent takarmányfelvétele miatt (Fortun-Lamothe, 2006). Bár a laktáció során a takarmányfelvétel erősen növekszik, a nyulak energiamérlege a tejtermelés miatt negatív és jelentős mennyiségű testzsír mobilizálódik, különösen az első fialást követően, és ez a jelenség közvetve felelős lehet a nyúl élettartamának csökkenéséért (Fortun-Lamothe 2006, Garreau és mtsai, 2017). Emellett a növekedési erélyre való szelektálás miatt a fiókák táplálóanyag igénye ugyancsak megnőtt, ám a szopóskorban elért nagyobb ütemű növekedés igényeit szintén az anyanyulaknak kell kiszolgálni a szoptatás ideje alatt (Garreau és mtsai, 2017). Így, ha az anyanyúl táplálóanyag igénye nincsen kellőképpen kielégítve, a tejtermelésre fordított többletenergia visszavetheti a magzatok növekedését is (Fortun és Lebas, 1994).

Ezért az anyanyulak kondíciója fontos tényező lehet, mikor megpróbáljuk felmérni a reprodukció és az élettartam közötti összefüggést, és ezáltal döntő szerepe lehet a megfelelő tenyésztési és takarmányozási program kialakításában is. Ahogyan más emlősállatok, úgy a nyúl is a zsírtartalékait használja fel a megnövekedett energiaigény fedezésére. Ezen zsírtartalékok főként a lapocka közötti tájékon (vállöv) illetve a vese körül találhatóak (Pascual és mtsai, 2000). Dal Bosco és mtsai (2003) vizsgálatai alapján a vállövi zsír ugyan vastagabb, viszont a vesekörüli zsír súlya mégis meghaladja a vállöviét, ennek magyarázata az, hogy a körülvett képletek felszíne más, és a vesekörüli zsírtartalékok szórtabban helyezkednek el.

Quevedo és mtsai (2005) a választási alomlétszámra szelektált két anyai vonal (A és V) keresztezéséből származó anyanyulakat vizsgáltak két különböző generációból (12 generációnyi különbséggel), különböző energiatartalmú takarmányokat etetve velük. A nyulak 3 hónapos korukig kereskedelmi takarmányt *ad libitum* fogyasztottak. Ezt követően a vemhesség 28. napjáig két különböző energiatartalmú takarmányt etettek az állatokkal:

- Kereskedelmi forgalomban kapható táppal megegyező energiatartalmú takarmány (DE: 10,8 MJ/kg);
- Alacsony energiatartalmú, de magas rosttartalmú takarmány (DE: 7,3 MJ/kg).

Azoknak az állatoknak, amelyek a kereskedelmi forgalomban kapható takarmányokkal megegyező energiatartalmú takarmányt kaptak 3 hónapos koruktól a vemhesség 28. napjáig, napi 140 g-ra korlátozták a takarmányfogyasztásukat. A vemhesség 28. napjától a normál energiatartalmú takarmányt evő nyulak egyik fele, illetve az addig alacsony energiatartalmú takarmányt fogyasztó nyulak, magasabb energiatartalmú (DE: 12,6 MJ/kg) takarmányt ehettek *ad libitum* a laktáció 28. napján történő választásig.

A vesekörüli zsír vastagsága nagyobb volt a fiatalabb generációban (+0,33 mm), azonban ez a különbség a 4,5 hónapos korban történt első termékenyítésre megszűnt. A fiatalabb generációban az élve született fiókák száma a vártnál magasabb volt (+2,06 fióká), mint a korábbi generációban. Mivel ezt a nagyobb magzati növekedést az anyanyulak hasonló energiabevitele mellett érték el, így valószínűsítik, hogy ennek a növekedésnek a hátterében a takarmánnyal felvett és a testben raktározott

energiatartalékok felhalmozásában/elosztásában kialakult különbség állhat, ami az alomlétszámra végzett szelekció eredménye.

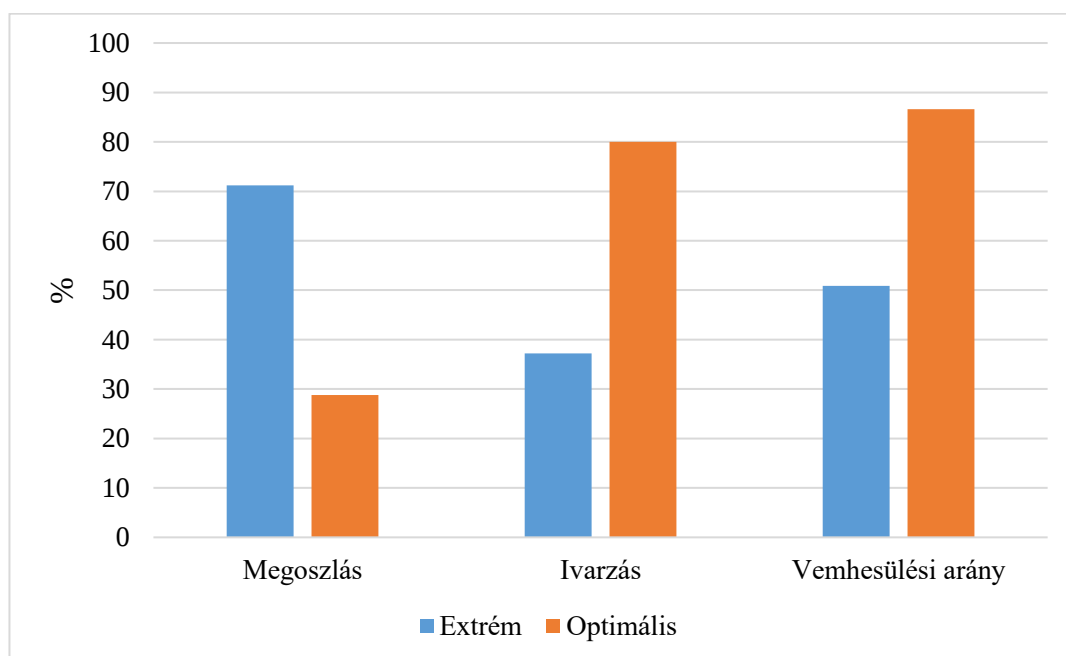
Az anyanyulakat további 4 cikluson (Quevedo és mtsai 2006 a,b) keresztül vizsgálták, a későbbi fialások során a szelekció nem befolyásolta az anyák testsúlyát termékenyítéskor (4257 g), a vemhesség 28. napjáig bekövetkező napi súlygyarapodást (+12,3 g/nap) és a takarmányfelvételt (172 g szárazanyag/nap). Azonban az újabb generáció anyanyulainál nagyobb súlyvesztést tapasztaltak a fialást megelőző időszakban, mint a korábbi generáció nyulainál (+120 g), ami minden valószínűséggel a nagyobb létszámú almoknak tudható be (+1,1 összes született fióka). Az anyanyulak kondíciója folyamatosan javult egészen a negyedik fialásig. Az újabb generáció anyanyulainak takarmányfogyasztása +3%-kal, tejtermelése pedig a laktáció 21. napjáig +6%-kal nagyobb volt.

Theilgaard és mtsai (2006) azt vizsgálták, hogy a 12 generáción keresztül a választási alomlétszámra végzett szelekció hogyan változtatta meg a test zsírtartalmát és a testzsír mobilizációját, és ez hogyan hatott az anyanyulak szaporaságára és élettartamára. A gyengébb kondíciójú (alacsonyabb testzsírtartalmú) anyanyulak között magasabb arányú elhullást tapasztaltak, mint a jobb kondícióval rendelkező állatoknál. A selejtezési arány a több zsírt mobilizáló nyulak esetében magasabb volt, mint amelyek kevesebb tartalékot mozgósítottak.

Cardinali és mtsai (2008) a kondíciópont, a test kémiai összetétele és az anyanyulak szaporasági tulajdonságai közti kapcsolatot vizsgálták. A vizsgálatba többször fialt anyanyulakat vontak be, amelyeket a fialást követő 11. napon inszemináltak. A pontozási rendszer kidolgozásához a Bonnano és mtsai (2005) által leírt módon, tapintással vizsgálták a gerinc, far és a hátulsó láb izomzatának teltségét. Szubjektív pontozással 3 kategóriát alakítottak ki: 0 – rossz, 1 – közepes, 2 – jó. Az összesített pontozásból végül kihagyták a hátulsó láb pontszámait, mivel alacsony korrelációt mutatott a valós kondícióval. A gerinc és a far összesített pontszámaiból (0-2) kaptak egy 5 pontos testkondíció pont skálát (0-4):

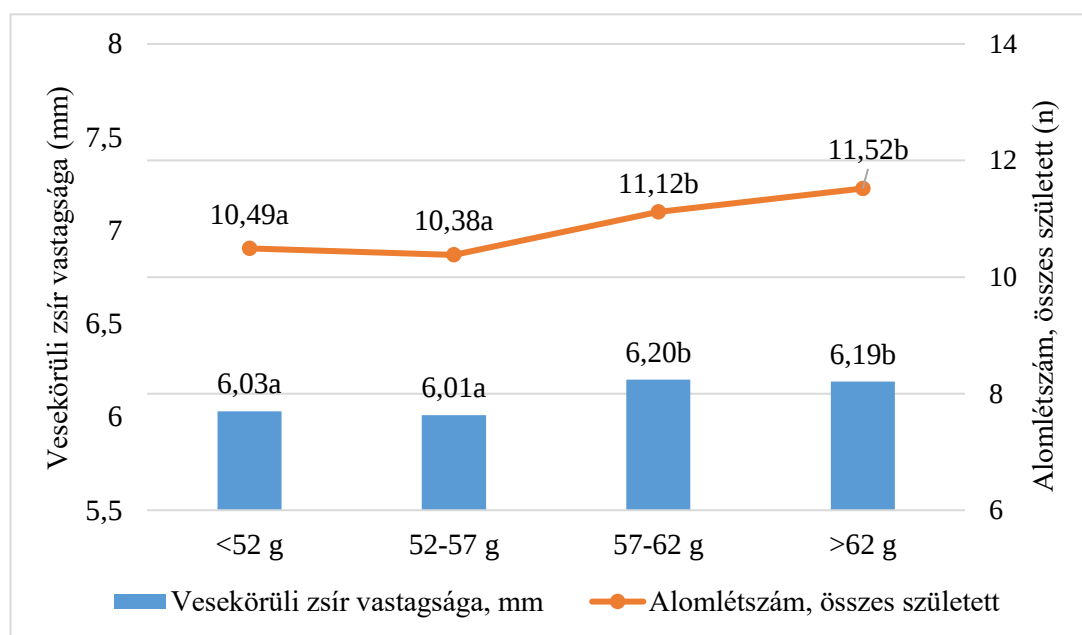
- 0-1– a gerinc csontnyúlványai és a far rész csontjai jól kitapinthatóak, kevésbé izmolt;
- 2-3 – a csontok ugyan érzékelhetőek, de nem kifejezettek, jól izmolt;
- 4 – jól izmolt, a csontnyúlványok kitapinthatatlanok.

Az általuk megállapított kondíciópont magas korrelációt mutatott mind a test zsírdepóival ($r = 0,79$), mind pedig a hasizom ($r = 0,87$), a kétfejű combizom ($r = 0,84$) és a teljes test zsírtartalmával ($r = 0,84$), a test tömegével azonban kevésbé korrelált ($r = 0,45$). A magasabb kondíciópont magasabb zsírtartalomnak felelt meg az egyes testrészekben, különösen igaz volt ez a hasizom zsírtartalmára és a zsírdepók súlyára. Az ivarzást a vulva színének és duzzadtságának megfigyelésével becsülték meg: ivarzó – piros, pirosas-lilás színű, duzzadt vulva; nem ivarzó – fehéres színű, nem duzzadt vulva. Ezzel, valamint a termékenységgel szintén jól korrelált a kondíciópont, az ovulációs rátával vagy az embriók számával viszont nem. Vizsgálták továbbá a vérplazma FSH és LH koncentrációját 48, 24, illetve 0 órával a GnRH beadása előtt és 1 órával utána. A szélsőséges testalkattal rendelkező állatok (1-es vagy kisebb kondíciópont vagy 4-es kondíciópont) alacsonyabb plazma FSH-szintet mutattak (20,0 vs. 34,5 ng/ml) mint az általuk optimálisnak tartott 2-es és 3-as kondícióval rendelkező anyanyulak, emellett a GnRH beadása után felszabaduló preovulációs LH-hullámuk kevésbé volt kifejezett (16,9 vs. 20,3 ng/ml). A fialás utáni 11. napon a vizsgált anyanyulak nagy része (71,2%) extrém kondícióval (≤ 1 vagy 4) rendelkezett, és alacsonyabb receptivitást (37,2% vs. 80,0%) és termékenységi arányt (50,9% vs. 86,6%) mutatott, mint az optimális állapotban lévők (2-3-as kondíciópont) (3. ábra).



3. ábra: Megoszlás, ivarzás és vemhesülési arány optimális és szélsőséges kondíciójú anyanyulak esetében (Cardinali és mtsai, 2008 alapján)

Savietto és mtsai (2010) a születési súlyuk alapján 4 csoportba osztották az anyanyulakat (sorrendben: <52 g, 52-57 g, 57-62 g, 62 g <). Kilenc hetes koruktól ezeket az állatokat két különböző takarmánnyal etették, az egyik egy kereskedelmi forgalomban kapható, a másik pedig egy emelt rosttartalmú granulált takarmány volt. A kisebb születési súlyú (<57 g) anyanyulak vesekörüli zsír vastagsága kisebb volt, mint a nagyobb születési súlyú anyáké (4. ábra). Amíg a kisebb születési súlyú anyanyulak 10,4-10,5-es átlagos létszámú almokat fialtak az első két fialás során, addig a nagyobb születési súlyúak átlagos alomlétszáma 1 kisnyúllal nagyobb volt (11,52) az első fialás során, ám ez a különbség a 2. fialásra eltűnt. A magasabb rosttartalmú takarmány nem befolyásolta negatívan az anyák fejlődését az első termékenyítésig. Ebből arra következtettek, hogy egy populáción belül az anyanyulak magasabb születési súlya pozitív hatással van a vesekörüli zsír vastagságára és az átlagos alomlétszámra az 1. fialás során, másrészt a magasabb rosttartalmú takarmány egy lehetséges korlátozási forma (minőségi takarmánykorlátozás) lehet a leendő tenyésznnyulak felnevelése során.



4. ábra: A születéskori testsúly hatása az anyanyak vesekörüli zsírjának vastagságára és a fialási alomlétszámukra (Savietto és mtsai, 2010 alapján).

2.2. Az energiaegyensúlyhoz kapcsolódó hormonális változások a nyulak szervezetében

A különböző vérplazma metabolitok változása megerősíti az intenzív anyagcserét a vemhesség késői szakaszában (Parigi Bini és mtsai, 1990, Fortun és mtsai, 1994, Xiccato és mtsai, 2005, Pascual és mtsai, 2006). Gilbert és mtsai (1984), valamint Parigi Bini (1988) megfigyelték, hogy a vemh növekedésének következtében csökken az anyanyulak vércukorszintje. A vér glükóz szintje alacsonyabb azokban az anyanyulakban, amelyek vemhesek és szoptatnak is egyszerre (Fortun és mtsai, 1994). A vércukorszint csökkenésével csökken az inzulin : glukagon arány, ami aktiválja a hormon szenzitív lipázt, amely triglicerideket hidrolizál szabad zsírsavakra és glicerinnre, így kerülnek a véráramba a nem észterifikált szabad zsírsavak (NEFA). A NEFA szint alacsonyabb azokban a nyulakban, amelyeket korlátozottan takarmányoztak szemben azokkal az állatokkal, amelyek *ad libitum* fogyaszthattak takarmányt (Brecchia és mtsai, 2006). Fortun és mtsai (1994) magasabb NEFA szintet mutattak ki azokban a vemhes anyanyulakban, amelyek a vemhesség elején és közepén még szoptattak. Az inzulin serkenti a glikogén kialakulását, növeli a sejtek glükóz felvételét a szövetekben, gátolja a lipolízist és a glükoneogenezist és serkenti a zsír lerakódást. Így a vér magas inzulinszintje pozitív energia mérlegre és a zsírraktárak pótlására utal. Az éhezés növendéknyulakban (Rommers és mtsai, 2004) és fiatal anyanyulakban (Brecchia és mtsai, 2006) az inzulin szint csökkenéséhez vezet. Az inzulin szintjének jelentős mértékű növekedése figyelhető meg a vemhesség kezdetén, ami arra utal, hogy a szervezet energiát raktároz zsír formájában. A vemhesség vége felé ez a szint lecsökken a vemh növekedéséhez szükséges magas energiaigény következtében (Fortun és mtsai, 1994).

Évtizedek óta folynak vizsgálatok azt illetően, hogy a kondíció — azon belül is a zsírszövet mennyisége — milyen hatással van a reprodukciós képességre. Ezek során fedezték fel a zsírszövet által szintetizált hormont, a leptint (Zhang és mtsai, 1999), amelynek a plazmában lévő koncentrációja korrelál a testben lévő zsírok arányával és a testtömegindexszel (Chilliard és mtsai, 1999). A leptin egy fontos kapocs a homeosztatikus folyamatokban, kezdve a zsírraktárak kialakításától a táplálkozási szokásokig (Chapelot és mtsai, 2000), és fontos szerepet játszik a reprodukcióban is. Zerani és mtsai (2004) kimutatták, hogy a leptinnek hatása van a nyulak petefészek működésére, mivel a tüszők és petesejtek granulosa sejtjein és a

petevezetőkben leptin-receptorok találhatóak. Smith és mtsai (2002) megfigyelték, hogy a leptin mennyisége jelentősen csökken, amikor a test energia-ellátottsága nem megfelelő mértékű a vemhesség és laktáció energiaigényéhez. Ha pedig a kondíció ezáltal leromlik, és a leptin mennyisége lecsökken, az azzal járhat, hogy a termékenyülési mutatók is romolhatnak. Arias-Álvarez és mtsai (2010) által folytatott *in vitro* kísérletek során azt mutatták ki, hogy a leptin elősegíti a petesejtek érését.

Considine (1997) és Chilliard és mtsai (1999) megállapították, hogy a leptin plazmakoncentrációja szoros összefüggésben áll a test zsírtartalmával és a testtömeg indexszel. Azokban az anyanyulakban, amelyeket csak a fialást követő 26. napon termékenyítettek újra, magasabb leptin szinteket mértek, mint a fialást követő 2., illetve 11. napon történő termékenyítés esetében (Xiccato és mtsai, 2005). Brecchia és mtsai (2006) kísérletében a 24 órás éheztetést követő alacsony leptin szint az etetést követően emelkedni kezdett és az *ad libitum* takarmányozott nyulakéhoz hasonló koncentrációt ért el 4 óra elteltével. Ez megerősíti Williams és mtsai (2002) korábbi megállapítását, miszerint a leptin kiválóan jelzi a szervezet éppen rendelkezésre álló erőforrásait.

A vemhesség utolsó szakaszában a glukagon szint nő, miközben a glükóz, triglicerid, koleszterol és leptin szint csökken. A közvetlenül fialás után észlelhető alacsony glükóz és leptin szint arra enged következtetni, hogy az anya szervezetének energiatartalékai kimerültek (Houseneck és Spurlock, 2003; Xiccato és mtsai, 2005).

2.3. A kondíció javítására irányuló vizsgálatok

2.3.1. Takarmányozással kapcsolatos vizsgálatok

Számos kutató arra a megállapításra jutott, hogy a kisebb születési súlyú egyedek anyaként gyengébb teljesítményt nyújtanak (Bíró-Németh és Szendrő, 1990; Poignier és mtsai, 2000; Szendrő és mtsai, 2006; Martínez-Paredes, 2008; Savietto és mtsai, 2009). Emellett természetesen a szopós korban, illetve a felnevelés későbbi szakaszaiban folytatott takarmányozás is befolyásolja az első vemhesség és nevelés alatti teljesítményt (Rommers és mtsai, 2001; Szendrő és mtsai, 2006). Általában a választástól a vágásig (5-től a 10-12. hétig; kb. 0,8 kg-tól 2,4 kg-ig) a hízó és tenyész

növendéknyulak egyaránt *ad libitum* fogyaszthatnak takarmányt. Ezt követően a telepek egy részén az az általános gyakorlat, hogy a nőivarú tenyésznövendékek takarmányfogyasztását korlátozzák (140 g/nap) az első fialásig, megelőzve ezzel az állatok elhízását, amely kedvezőtlen hatással lenne az anyanyulak termelésére és élettartamára. Néhány kutató (Rommers és mtsai, 2001, 2002, 2004; Szendrő és mtsai, 2002) azonban arra hívja fel a figyelmet, hogy a korlátozott takarmányozás következtében az első termékenyítéskor a kisebb testsúlyú egyedek még nem érik el a megfelelő fejlettségi szintet, emiatt gyengébb a termelésük, mint a nagyobb testsúlyú anyanyulaké.

A takarmány mennyiségi korlátozása helyett egyik lehetséges megoldás a rostban gazdag takarmány etetése. Magas rosttartalmú tápot fogyasztó nyulakban megnő az emésztőtraktus befogadó képessége. Quevedo és mtsai (2005) vizsgálataiban az alacsonyabb energiatartalmú takarmány alkalmazása jelentősen csökkentette az anyák növekedését a nevelési időszakban (-294 g), de a vemhesség első 4 hetében nagyobb kompenzációs növekedést mutattak (+79 g) a magasabb energiabevitel következtében, reprodukív fejlődésük elmaradása nélkül. Azoknak az anyanyulaknak, amelyek a vemhesség 28. napjáig alacsony energiatartalmú takarmányt fogyasztottak, a fialást megelőző időszakban szignifikánsan nagyobb volt az energiabevitel és alacsonyabb volt az élve született fiókák száma (-1,3 fióka). Azoknak az anyáknak az almaiban, amelyek a fialást megelőzően és a laktáció alatt magasabb energiatartalmú takarmányt fogyasztottak, alacsonyabb volt az elhullás az 1. héten (26,9 vs. 42,9% elhullott fióka) és a laktáció során, mint a normál energiatartalmú takarmányt fogyasztó anyák almaiban.

A magasabb energiatartalmú takarmányt fogyasztó anyanyulak testsúlya termékenyítéskor alacsonyabb volt, mint amelyek közepes energiatartalmú takarmányt ettek (4210, 4305 g) (Quevedo és mtsai, 2006a). A takarmány azonban nem befolyásolta a vemhesség alatt a vesekörüli zsírdépó mennyiségében bekövetkező változásokat, fialáskor hasonló volt a vesekörüli zsír vastagsága (8,83 vs. 8,93 mm) és megmaradt a testsúlyban mutatkozó különbség. A magas energiatartalmú diéta mellett a vemhes anyanyulak napi 20 g szárazanyaggal és 1-4 g emészthető fehérjével kevesebbet fogyasztottak, mint a közepes energiatartalmú takarmányt kapók a vemhesség 28. napjáig, de az emészthető energia (DE) bevitelük szignifikánsan magasabb volt (+78 kJ DE naponta). Azok a többször fialt anyanyulak, amelyek a felnevelésük során alacsony energiatartalmú takarmányt fogyasztottak nehezebbek

voltak (+137 g), de a vesekörüli zsír vastagsága kisebb volt (- 0,26 mm), mint azoké a nyulaké, amelyek ugyanebben az időszakban közepes energiatartalmú takarmányt kaptak. Ezek a különbségek a fialáskor is megmaradtak (+142 g).

A szaporodási időszakban a magas energiatartalmú étrend alkalmazása növelte az anyák tejtermelését (+22%) (Quevedo és mtsai, 2006b). Ezeknek az anyáknak a fiókái választáskor 16 g-mal nehezebbek voltak és 2%-kal jobbnak bizonyult a túlélésük a szoptatási időszakban, viszont ennek következtében a fiókák 42%-kal kevesebb szilárd takarmányt fogyasztottak a választást megelőző időszakban, ami választáskor, illetve az azt követő hizlalási időszakban kedvezőtlenül befolyásolhatja a hízónyulak fejlődését és túlélését (+4,2% elhullás). A nevelési időszakban (3 kg élősúlytól az első vemhesség 28. napjáig) rostús táplálékot kapó tenyészállatok nagyobb élősúllyal érték el a fialást, mint azok, akik ugyanebben az időszakban korlátozott energiatartalmú takarmányt kaptak (+142 g). Azoknak az anyáknak, amelyek az első termékenyítéskor nem vemhesültek (11 nappal a fialás után), a fialás és a laktáció 11. napja között nagyobb ütemben nőtt a vesekörüli zsír vastagsága, mint azoknál a szoptató anyáknál, amelyeket sikeresen termékenyítettek.

Pascual (2012) véleménye szerint a magas rosttartalmú takarmány etetésének akkor van igazán pozitív hatása, ha 60-70 napos kor előtt kezdik etetni a legalább 40% NDF (Neutrális Detergens Rost) tartalmú tápot a leendő anyákkal.

2.3.2. Szaporítási ritmus megváltoztatása

Xiccato és mtsai (2004) megfigyelték, hogy ha az első fialás után 7-14 nappal később termékenyítették újra az anyanyulakat, ezáltal több idő maradt az elvesztett kondíció visszaszerzésére, akkor jobb volt a nyulak kondíciója és termelése.

Castellini és mtsai (2006) két szaporítási ritmusban hasonlították össze az anyanyulak termelését hét termelési cikluson keresztül. A nyulakat először 19 hetes életkorban termékenyítették, ezt követően az egyik csoportot a fialást követő 11. napon termékenyítették újra a másik csoport anyanyulait pedig a választást követő napon (27. nap). Azokat a nyulakat, amelyek nem vemhesültek, 21 nap múlva ismét termékenyítették. A termékenyítés napján ultrahang készülék segítségével megmérték a vállövi és a vesekörüli zsír vastagságát, majd ezt követően a korábban Dal Bosco és

mtsai (2003) által publikált regressziós görbe alapján megbecsülték a vesekörüli zsír tömegét, aminek segítségével 2 csoportba sorolták az állatokat:

- $20\text{ g} \leq \text{közepes} \leq 45\text{ g}$,
- extrém: $<20\text{ g}$ vagy $>45\text{ g}$.

A választás után termékenyített anyák vesekörüli zsír vastagsága végig nagyobb volt a termékenyítések során, mint a kontroll csoportban, amelyek a vizsgálat során nem tudták visszaépíteni a kezdeti mértékűre a zsírraktáraikat.

Csoporttól függetlenül a még nem fialt anyákhoz képest az először fialók között csökkent a 20 és 45 g közötti zsírraktárral rendelkező nyulak aránya. A későbbi fialások során a választás után termékenyített anyáknál végig magasabb volt ez az arány, mint a kontroll csoportban (76,8% vs. 67,4%). Fialáskor, választáskor és termékenyítéskor nehezebbek voltak a választás után termékenyített anyanyulak. Azonos cikluson belül az első termékenyítéskor a zsírdepók kisebbek voltak, mint a következő termékenyítésekkor, főleg a kísérleti csoportban.

A választás után termékenyített anyanyulak között több volt az ivarzó és magasabb volt a vemhesülési arány (60,2% vs. 79,0%), míg az alomméretre és a szaporítási elhullásra nem hatott a szaporítási ritmus. Az először fialó kontroll anyanyulak vemhesülési aránya különösen alacsony volt (48,8%); ez az érték folyamatosan nőtt, de mindig alacsonyabb volt, mint azokban az anyákban, amelyeknek több idejük maradt a tartalékaik visszaépítésére. A hosszabb szaporítási ritmus az általánosan alkalmazotthoz képest jobban illeszkedett az anyanyulak szaporodási fiziológiájához, még akkor is, ha alacsonyabb volt a termelés (35,0 vs. 38,8 eladott nyúl/év), és nagyobb volt az elhízottság kockázata (a többszörösen fialt anyák 18%-a).

Szendrő és mtsai (2010) szintén arról számoltak be, hogy a fialás utáni 11. napon termékenyített anyákhoz képest az első fialás után 7-14 nappal később termékenyített anyanyulak termelése kedvezőbben alakult.

Az első fialás utáni késleltetett termékenyítésnek azért van különös jelentősége, mert ebben az időszakban a legsúlyosabb a kondícióvesztés, mivel a fiatal anyanyulak még nőnek is.

2.4. A házinyulak testösszetételével kapcsolatban végzett műszeres vizsgálatok

A házinyulak testösszetételének meghatározására többféle módszer terjedt el a gyakorlatban. Az állatok szelekciójában a komputer tomográf (CT) és az EM-SCAN készülék (TOBEC módszer) eredményesen alkalmazható a nyulak testzsírtartalmának becslésére (Milisits és Lévai, 2004).

Milisits és mtsai (1998, 1999) vemhes, majd szoptató anyanyulakon komputer tomográf és EM-SCAN készülék segítségével követték nyomon (*in vivo*) a vemhesség előrehaladtával, majd a laktáció során jelentkező testösszetételbeli változásokat. A testösszetétel vizsgálatára termékenyítéskor, a vemhesség 14., 21. és 28. napján, valamint a fialást követően került sor. A kísérlet végén az összes állatot levágták, eltávolították a tápcsatorna tartalmát, majd az üres testből készített homogén mintából meghatározták a nyerszsírtartalmat. A kísérlet 21. napjáig a vemhes, illetve a kontroll csoport esetében egyaránt növekedett a szervezet zsírtartalma. Mivel először termékenyített anyanyulakat vizsgáltak, ez a növekedés elsősorban a saját szövetek építésének, a tartalékzsírok lerakásának az eredménye. A vizsgált időszak utolsó harmadában a vemhes nyulak a felhalmozott szöveti tartalékaikat mozgósították. Először a zsírtartalékokat mobilizálták, ezért szervezetük zsírtartalma fokozatosan csökkent. Az üres anyák testzsírtartalma viszont a kísérlet végéig folyamatosan nőtt.

A szoptató nyulak CT vizsgálatára (Milisits és mtsai, 1998, 1999) a laktáció 1., 14. és 28. napján került sor. A laktáció 7. napjára az anyanyulak takarmányfogyasztása duplájára nőtt, emellett hasonló mértékű növekedést figyeltek meg a tejtermelés esetében is. A laktáció 21. napjára az anyanyulak napi tejtermelése már háromszorosa volt az első napon mért értéknek, ezzel szemben a takarmányfogyasztás kétszerese volt a laktáció elejéhez képest. Feltételezésük szerint az anyanyulak a laktáció 7. napját követően nem jutnak hozzá a napi tejtermeléshez szükséges takarmány mennyiséghez, ezért saját szöveti tartalékaikat mozgósítják. A szöveti összetétel változásának vizsgálatakor az izomszövet beépülését és a zsírtartalom csökkenését figyelték meg. Mivel a takarmányfogyasztás növekedése a laktáció 7. napját követően már nem követte a tejtermelés növekedésének intenzitását, az anya saját tartalékait is mozgósította, csökkent a zsírdépókban raktározott zsír mennyisége. A laktáció 21. napjától csökkent a tejtermelés és ezzel együtt csökkent az ehhez szükséges energia

mennyisége is, ezért a test zsírtartalmának csökkenése is mérséklődött, emellett csökkent a szervezet víztartalma. A laktáció vizsgált 28 napos időtartama alatt az anyanyulak teljes testének zsírtartalma 45%-kal esett vissza.

2.5. A testzsír-tartalom hatása a növendéknyulak termelésére és vágási tulajdonságaira

Napjainkban a fejlett országok fogyasztói társadalma egyre magasabb igényeket támaszt az elfogyasztott élelmiszerek minőségével szemben. Ennek eredményeként a húsipar is nagy hangsúlyt fektet a húsminőségre. A zsírtartalom pedig jelentősen befolyásolja a hús minőségét (Wood és mtsai, 2008).

Általában négy fő zsírdepót különböztetünk meg a testben, ezek a bőr alatti, a belső szervekhez kapcsolódó, illetve az inter- és az intramuszkuláris zsírlerakódások. Lényeges különbségek vannak a zsíreloszlásban a fajok között és a fajkon belül (Gerbens, 2004). Sertésben például a legjelentősebb zsírraktárak a bőr alatti zsírrétegek (szalonna), amely a vágott test zsírtartalmának 60-70%-át teszi ki. Szarvasmarhában az intermuszkuláris zsír teszi ki a legnagyobb hányadot (a vágott test 45%-a, a belső szervekhez kapcsolódó zsír 37%). Leclercq és mtsai (1989) és Géraert és mtsai (1998) abdominális zsírtartalomra végzett szelekció hatásait vizsgálták brojlercsirkékben. Nem találtak különbséget a magas és alacsony zsírtartalomra szelektált állatok testsúlyában. Ezzel szemben Baéza és mtsai (2015) megállapították, hogy a nagyobb testzsír-tartalomra szelektált brojlerok nehezebbek voltak, mint az alacsony zsírtartalmúak, és úgy találták, hogy a takarmányfelvétel és az átlagos napi súlygyarapodás nagyobb volt a magasabb testzsír-tartalmú vonalban. A zsírdepók megoszlása fajtánként is eltérő. Candek-Potokar és mtsai (2002) arról számoltak be, hogy duroc, nagyfehér és lapály keresztezett sertésekben hasonlóan alakult a hátszalonna vastagsága, azonban a duroc esetében magasabb volt az intramuszkuláris zsír aránya. Nyúlban a legfontosabb zsírdepó a vesekörüli zsír, amely a vágott test zsírtartalmának 50-60%-a (Pla és mtsai, 2004; Hernandez és mtsai, 2006).

Amint azt több irodalmi összefoglalóból is tudjuk, a nyúlhús számos táplálkozásélettanilag kedvező tulajdonsággal rendelkezik. Magas a fehérjetartalma, magas a telítetlen zsírsavak aránya és alacsony a zsírtartalma (Hernandez és Gondret,

2006; Hernandez és Dalle Zotte, 2010; Dalle Zotte és Szendrő, 2011), azonban különbség van az egyes test- és húsrészek zsírtartalma között. Ezt a tényt Pla és mtsai (2004) igazolták, amikor is 30 db kereskedelmi forgalomban lévő nyúl karkaszt vizsgáltak meg, melyeket a WRSA ajánlása alapján daraboltak fel. Ezután eltávolították a zsírdepókat, majd leválasztották a húst a csontokról, és a 180 mintát (nyulanként 6 minta) ledarálva, monokromátor segítségével megvizsgálták, majd az eredményeket átlagolták. A hosszú hátizomban találták a legalacsonyabb zsírtartalmat, mindössze 1,20%-ot. Azonban ez az érték magasabb volt az azt megelőző vizsgálatokban tapasztaltnál (Pla és mtsai, 1996), de még így is alacsonyabb, mint a csirkemell zsírtartalma (Rabot és mtsai, 1996). A legnagyobb zsírtartalmat a mellkas esetében figyelhették meg, ami 12,8% volt. A többi testrészt tekintve, az elülső láb 7,43%, a hasfal 7,56%, a hátulsó láb pedig 3,03% zsírt tartalmazott.

Milisits és Lévai (2004) eltérő szervezeti zsírtartalomra szelektált Pannon fehér növendéknyulak néhány vágási tulajdonságát vizsgálták. Tíz hetes életkorban a nyulak testének zsírtartalmát ún. TOBEC módszerrel határozták meg. A becült értékek alapján a nőivarú állatok közül a szélső 16-16%-ot, a hímivarúak közül pedig a szélső 8-8%-ot válogatták ki a vizsgálatokhoz. A célirányos párosításokból származó első generáció egyedek közül mindkét csoporton belül a becült zsírtartalom alapján az átlagot reprezentáló egyedeket levágták. A két csoport becült zsírtartalmi értékei jól elkülönültek egymástól. A szülők testének zsírtartalmában tapasztalt különbségeket az első utódgenerációban a napos kori TOBEC méréskor még nem észlelték. Ebből arra következtettek, hogy a szülők szervezetének zsírtartalma nem befolyásolja az ivadékok szervezetének születéskori zsírtartalmát. A 10 hetes kori vágási eredmények a magas szervezeti zsírtartalomra szelektált nyulak utódainak nagyobb mértékű elzsírosodását mutatták, az ehető belsőségek testsúlyhoz viszonyított aránya szintén a „zsíros” szülők utódainak fölényét mutatták. A „zsíros” ivadékok vágási kitermelésre (49,3%) gyengébb volt a „nem zsíros” utódokénál (50,2%).

Hernandez és mtsai (2008) a genetikai háttér hatásait kutatták a zsírtartalomban, a lipolitikus folyamatokban és a zsírsavösszetételben, melyeket elsősorban a lábakban és a vesekörüli zsírban vizsgáltak. Vizsgálták továbbá a változásokat a szabad zsírsavakban és az oxidatív folyamatokban a hűtés és tárolás alatt. Három vonalat alakítottak ki az állományban, az R vonalat a növekedési erélyre

szelektálták, az A és V vonalat pedig a választáskori alomlétszámmra. A kapott eredmények alapján az R vonal egyedeinek nagyobb volt a zsírtartalma, és magasabb lipolitikus aktivitást tapasztaltak a hátulsó láb esetében, mint az A és V vonalnál. Különbségeket találtak még a zsírsavösszetételben és a vesekörüli zsírban, továbbá alacsonyabb százalékban találtak telített és magasabb százalékban többszörösen telítetlen zsírsavat az A vonalban. Az állatokat azonos korban vizsgálták, így a vonalak közötti különbségek genetikai eltérésnek tekinthetők. Összehasonlítva a vonalak növekedését, megállapították, hogy 9 hetes korban a 3 vonal egyedeinek súlya közel azonos volt (Pla és mtsai, 1997; Blasco és mtsai, 2003). Az R vonalban nagyobb zsírtartalmat tapasztaltak a hátulsó lábokban (6,58 g/100 g). Az A és V vonalaknál ez az érték 6,05 és 5,92 g/100 g volt. Foszfolipid tartalomban nem találtak különbséget az egyes vonalak között, az átlagos érték 216 mg/100 g volt a hátulsó lábokban.

Sellier (1998) irodalmi összefoglalójában a sertésekben becsült intramuszkuláris zsírtartalomra vonatkozó átlagos örökölhetőségi érték 0,5 (0,26-0,86). Az újabb közleményekben is hasonló értékekkel találkozhatunk (Suzuki és mtsai, 2005; Solanes és mtsai, 2009; Sellier és mtsai, 2010). Húsmarhában Marshall (1999) szintén hasonló értékeket közölt (0,54; 0,26-0,93). Saap és mtsai (2002) valamint Schwab és mtsai (2009) az intramuszkuláris zsírtartalom növekedéséről számoltak be húsmarhákban és sertésekben a szelekció hatására, sertésben ez együtt járt a hátszalonna vastagságának növekedésével, marhákban viszont nem találtak ilyen összefüggést. Emellett többen a hasúri zsír magas öröklődhetőségi értékéről számoltak be brojlercsirkékben (Zerehdaran és mtsai, 2004; Baéza és Le Bihan-Duval, 2013)

Zomeño és mtsai (2013 a, b) házinyulakban az intramuszkuláris zsír (IMF) növelését és következményeinek vizsgálatát tűzték ki célul. A szelekció az első fialásból származó két édestestvér hosszú hátizmának fenotípusos IMF tartalma alapján történt két irányba, így kialakítva egy „kövér” és egy „sovány” vonalat, melyeket 3 generáción keresztül vizsgáltak. A vonalakhoz generációnként 40 nőstény és 8 hím ivarú nyúl tartozott. A kísérlethez közeli infravörös reflexiós spektroszkópiát (NIRS) használtak, hogy megvizsgálják az intramuszkuláris zsír- és fehérje tartalmat, illetve a zsírsav összetételt is a szelekció során. A kísérlet eredményeképp a Kövér és Sovány vonalak IMF tartalma között 0,09 g/ 100 g izom különbséget találtak a harmadik generációt követően. Az IMF tartalom örökölhetősége közepes (0,37) volt. A szelekció hatása az intramuszkuláris zsírtartalomra szimmetrikusnak tekinthető, a Kövér vonalnál 0,054 g/ 100 g izom, a Sovány vonal esetében -0,051 g/ 100 g izom

értéket kaptak a harmadik generációban. Az IMF-re végzett szelekció enyhe negatív összefüggést mutatott a testsúllyal, a karkaszok súlyát és a hús:csont arányt azonban nem befolyásolta a szelekció iránya. A vállövi zsír mennyisége hasonlóan alakult a két csoportban. Megállapították, hogy az intramuszkuláris zsírtartalom növelésével párhuzamosan a vesekörüli zsír mennyisége is nőtt.

Amikor a nyulakat CT-vel becsült combizom térfogat növelésére szelektálták, a súlygyarapodás nem változott, a takarmányfelvétel és a takarmányértékesítés javult, miközben a zsírdepók csökkentek (Szendrő és mtsai, 2012).

3. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI

Az anyanyulaknál és más gazdasági állatfajok nőivarú egyedeinél az egyik aktuális, megoldandó probléma a gyenge kondíció. Anyanyulakra koncentrálnak az azt jelenti, hogy a vemhesség végén és a tejtermelés csúcsán az anyanyulak nem tudnak annyi takarmányt (energiát) felvenni, mint a szükségletük, ezért a tartalékaikat mobilizálják, a kondíciójuk romlik. Ez különösen az először vemhes és szoptató anyanyulaknál jelent problémát.

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.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az állatokkal végzett eljárások minden esetben megfeleltek a magyar szabályozásnak (178/2009 FVM; Magyarország, 2009). Valamennyi állatot a kísérleti és egyéb tudományos célokra felhasznált állatok védelmére vonatkozó 86/609/EGK EK-irányelvben meghatározott elvek szerint kezelték.

4.1. Kétirányú szelekció

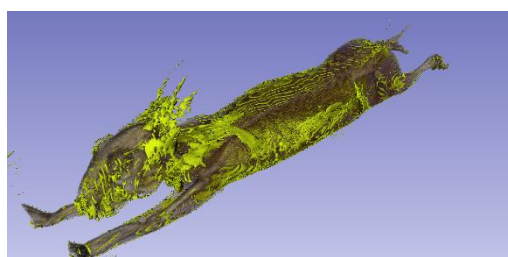
Kétirányú szelekciót folytattunk a nyulak testzsírtartalma alapján 4 generáción keresztül 2014 és 2016 között a Pannon Ka nyúlfajtával, ami a Pannon tenyésztési program anyai fajtája, a Kaposvári Egyetem nyúltelepén. A fajta kialakítása 1999-ben kezdődött és 2003-ban ismerték el hivatalosan is fajtának,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

A vizsgálat kezdetén, a kétirányú szelekció nulladik generációjának kialakításakor 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 vetítettük (kg). 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.

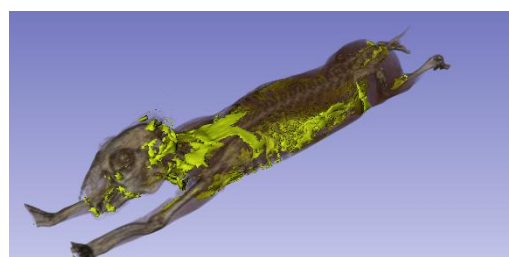
A képsorozatokon automatikusan elkülönítésre került a három egyed, majd egy erre a célra fejlesztett algoritmussal eltávolítottuk a tartókat a képekről (Kovács és mtsai, 2013). A zsír térfogat meghatározásához küszöbölési technikát alkalmaztunk, OpenIP szoftverrel (Kovács és mtsai, 2010), ahol a -20 és -200 közötti Hounsfield

értékekkel rendelkező voxeleket (Romvári és mtsai, 1996; McEvoy és mtsai, 2008) szegmentáltuk előtérként, a teljes testről gyűjtve az adatokat.

Az 5. A ábrán látható, hogy 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 feldolgozás utáni állapotot az 5. B ábra illusztrálja.



(A) korrekció nélkül



(B) morfológiai korrekcióval

5. ábra: A szegmentált zsírszövet térfogatok megjelenítése 3D Slicer program (Fedorov és mtsai, 2012) segítségével

A korrigált szegmentációt követően kijelölt előtér voxelek térfogatát használtuk a továbbiakban a zsírindex kiszámításához.

A nulladik generációt alkotó állatok zsírindexe alapján a magas és alacsony zsírtartalmú nyulak képezték a Zsíros és a Sovány vonal szülőcsoportját. Ezeket a vonalakat ezután külön vonalként kezeltük, és ezután minden mesterséges termékenyítést vonalakon belül végeztünk.

A kutatás kezdetén 142 hím és 209 nőivarú nyulat vizsgáltunk CT-vel (1. táblázat). 69 hím és 144 nőivarú állatot választottunk ki tenyészállatnak (Gen1). 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) nőtény nyulat választottunk ki (1. táblázat).

1. táblázat: A CT-vel vizsgált és kiválasztott nyulak testtömege

Generációk	Vonal	Vizsgált állatok	Nőivar				Kiválasztott állatok				
			Átlag	Min	Max	SD		Átlag	Min	Max	SD
Gen1	Sovány	209	2,24	1,88	2,65	0,15	72	2,20	1,88	2,65	0,14
	Zsíros						72	2,27	1,93	2,53	0,14
Gen2	Sovány	96	2,06	1,65	2,50	0,17	67	2,05	1,70	2,57	0,17
	Zsíros	105	2,08	1,70	2,57	0,17	64	2,08	1,76	2,50	0,16
Gen3	Sovány	180	2,09	1,79	2,80	0,16	61	2,1	1,79	2,80	0,19
	Zsíros	187	2,08	1,72	2,74	0,17	61	2,15	1,83	2,74	0,18
Gen4	Sovány	105	2,33	1,83	2,67	0,18	55	2,24	1,61	2,55	0,19
	Zsíros	104	2,20	1,94	2,70	0,16	57	2,31	2,03	2,70	0,15

Generációk	Vonal	Vizsgált állatok	Hímivar				Kiválasztott állatok				
			Átlag	Min	Max	SD		Átlag	Min	Max	SD
Gen1	Sovány	142	2,26	1,95	2,66	0,17	35	2,19	1,95	2,53	0,13
	Zsíros						34	2,31	1,98	2,66	0,18
Gen2	Sovány	80	2,21	1,93	2,51	0,12	40	2,20	1,93	2,51	0,13
	Zsíros	80	2,19	1,86	2,60	0,13	40	2,21	1,91	2,60	0,14
Gen3	Sovány	149	2,19	1,90	2,65	0,14	47	2,16	1,90	2,55	0,13
	Zsíros	142	2,22	1,88	2,71	0,16	47	2,25	1,88	2,71	0,18
Gen4	Sovány	112	2,32	1,80	2,61	0,16	44	2,30	1,93	2,54	0,16
	Zsíros	108	2,31	1,86	2,71	0,16	42	2,33	1,99	2,71	0,14

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 tenyésznyulainak felnevelési időszaka különböző évszakokra esett, ami a nyulak testsúlyát jelentősen befolyásolja. Annak érdekében, hogy a beltenyésztést elkerüljük, lehetőség szerint minden alomból választottuk ki CT vizsgálatra az átlag ± 1 szórásnak megfelelő testsúlyú egyedeket. Emellett, ugyancsak a beltenyésztés elkerülése érdekében figyelemmel kellett lennünk arra is, hogy az általunk a kísérletbe vont Pannon Ka fajtának 4 vonala van és nekünk

ezekből a vonalakból lehetőség szerint egyenlő arányban kellett tenyésznövendékeket válogatni, így esetenként rákényszerültünk arra, hogy az átlag ± 1 szóráson kívül eső testsúlyú egyedeket is kiválasszunk CT vizsgálatra, majd később tenyészállatnak.

A CT-vel vizsgált és kiválasztott nyulak generációnkénti számát és a kapcsolódó leíró statisztikákat az 2. táblázat tartalmazza. Összességében a vizsgálat 1663 Pannon Ka nyúl zsírindex rekordján alapult, a pedigre 2668 egyed tartalmazott.

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. táblázat: Leíró statisztika az elemzett tulajdonságokhoz

Generációk	Vonal	Nőivar				Hímivar			
		Vizsgált állatok	Zsírindex	Kiválasztott állatok	Súlyozott SD	Vizsgált állatok	Zsírindex	Kiválasztott állatok	Súlyozott SD
Gen1	Sovány	209	75,2±20,0	72	-16,1	142	68,0±18,2	35	-22,2
	Zsíros			72	21,6			34	17,6
Gen2	Sovány	96	68,8±19,3	67	-8,93	80	69,2±18,8	40	-11,9
	Zsíros	105	75,6±17,6	64	9,59	80	78,5±18,8	40	11,9
Gen3	Sovány	180	61,5±15,5	61	-11,6	149	65,8±14,8	47	-8,3
	Zsíros	187	75,5±16,7	61	12,9	142	78,5±17,3	47	16,9
Gen4	Sovány	105	77,4±16,3	55	-8,1	112	75,0±15,9	44	-10,8
	Zsíros	104	101±18,5	57	15,1	108	94,5±19,9	42	11,5

Súlyozott SD: Súlyozott szelekciós differenciál

4.2. 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* fogyaszthattak kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt, súlyszelepes önitatókból korlátlanul ihattak. A takarmányok összetételét a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: A vizsgálatok során alkalmazott takarmányok kémiai összetétele

	Generációk						Bakok
	1-2.			3-4.			
	3-9 hetes életkor	9 hetes kor - 1. termékenyítés	Termékenyítés - a laktáció 21. napja	3-9 hetes életkor	9 hetes kor - 1. termékenyítés	Termékenyítés - a laktáció 21. napja	
DE, MJ/kg	9,6	10	10,4	9,9	10,6	10,9	9,7
Nyers fehérje, %	15,7	16	17,8	16,2	16,3	18,1	14,5
Nyers rost, %	18,5	17	13,6	19	17,7	15,3	17,1
Nyers zsír, %	2,2	3,5	4	2,4	3,8	4,6	2,4

A kutatás jellegéből adódóan, egy több generáción átívelő vizsgálatnál történtek olyan változások, amelyeket nem terveztünk előre és nem tudtunk elkerülni. Általános elvárás, hogy a teljes vizsgálati időszakban azonosak legyenek a kísérleti körülmények. Jelen kutatásban a több éves időszakban ezt nem tudtuk biztosítani. A nyulak a telepen etetett takarmányt fogyasztották. Az első generációkban sajnos olyan piaci környezet volt, hogy a takarmánygyártó úgy tudta biztosítani a takarmány közbeszerzésben vállalt táplálóanyag összetételét és értékesítési árát, hogy többnyire olcsó melléktermékekből állították elő a takarmányt. A nyulak termelését (növekedését) ez egyértelműen és jól láthatóan rontotta. A problémát észlelve pontosítottuk a takarmányok alapanyagaival kapcsolatos elvárásokat, ennek köszönhetően a későbbiekben már egy jelentősen jobb minőségű takarmányt tudtunk etetni a nyulakkal, ami észrevehetően javította termelésüket. Ez jelentősen befolyásolhatta az egyes generációk növendéknyulainak hizlalási teljesítményét és feltehetően testzsír-tartalmát is. További sajnálatos eltérés, hogy az első 3 generáció tenyésznyulainak kiválasztásakor a növendék nyulak részben a nyári kánikulában, vagy az őszi időszakban nevelkedtek, ami visszaveti a termelést és feltehetően

kedvezőtlenül befolyásolja a zsírtartalékok beépítését is. Ezzel szemben a 4. generáció tenyésznnyulai a téli időszakban nevelkedtek és kerültek kiválasztásra. Ennek eredménye lehet, hogy ebben a generációban mindkét csoport nyulai zsírosabbak voltak, mint az azt megelőző generációk nyulai. Az egyes generációk közti összehasonlítást sajnos nagyban megnehezíti, hogy nem volt lehetőségünk mindvégig, minden generációnak standard körülményeket biztosítani.

4.2.1. Nőivar

A leendő tenyészállatnak kiválasztott nőivarú nyulakat 11 hetes koruktól egyedileg helyeztük el drótrácsból készült ketrecekben (32 cm x 62,5 cm x 30 cm).

Egy héttel az 1. termékenyítés előtt az állatokat (generációnként 60 Sovány és 60 Zsíros) drótrácsból készült ketrecekben (86 cm x 38 cm x 30 cm, amely a fészektálcát (28,5 cm x 38 cm) is tartalmazza), egyedileg helyeztük el két teljesen azonos, kis méretű teremben, mindkét csoportból azonos arányban az egyes termekben/sorokon (1. kép).



1. kép: Az anyanyulak elhelyezése a vizsgálatok során

Dajkásítást csak csoporton belül végeztünk (1. fialás: max. 8 kisnyúl/alom a további fialások alkalmával max. 10 kisnyúl/alom). A teljes laktációs időszakban szabad szoptatást alkalmaztunk, az anyák tetszés szerinti időpontban kereshették fel a fészket.

4.2.2. Hímivar

A leendő tenyészállatnak kiválasztott hímivarú nyulakat 11 hetes koruktól egyedileg helyeztük el drótrácsból készült bakketrecekben (60 cm x 50 cm x 45 cm). A jó spermatermelési eredmények érdekében 20 hetes kortól minden baktól hetente kétszer gyűjtöttünk ejakulátumot.

4.2.3. Növendéknyulak

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). Az állatokat drótrácsból készült ketrecekben helyeztük el (3 nyúl/ketrec; 16 nyúl/m²) (2. kép). Az átlag hőmérséklet 15-16°C volt az 1., 3. és 4. generáció, illetve 25-28 °C a 2. generáció vizsgálatakor. A hizlalási kísérleteket egy kisméretű, klimatizált teremben végeztük, jól szabályozható körülmények között. Azonban a 2. generáció hizlalási kísérletekor az épületet viharok érte, amelynek következtében az istálló teteje oly mértékben megrongálódott, hogy a klímaberendezést nem tudtuk üzemeltetni, így a kinti környezeti hőmérséklet jelentősen befolyásolta a terem hőmérsékletét, amelyben a hizlalási kísérlet zajlott.



2. kép: A növendéknyulak elhelyezése a hizlalási vizsgálatok során

A nyulak kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt *ad libitum* fogyaszthattak (4. táblázat) és súlyszelepes itatókból tetszés szerint ihattak.

4. táblázat: A hizlalási kísérletek során etetett takarmányok összetétele

	Generációk			
	1-2.		3-4.	
	5-9 hetes életkor	9-11 hetes életkor	5-9 hetes életkor	9-11 hetes életkor
DE, MJ/kg	9,6	10,0	9,94	10,6
Nyers fehérje, %	16,15	16,0	15,7	16,3
Nyers rost, %	18,5	17,0	19	17,7
Nyers zsír, %	2,7	3,5	2,4	3,8
Diclazuril, mg/kg	1	---	1	---
Oxitetraciklin, mg/kg	500	---	500	---
Tiamulin, mg/kg	50	---	50	---

4.3. Vágási körülmények

A hízőnyulakat 11 hetes korukban egy Kaposvártól 200 km-re található vágóhidra szállítottuk. Vágás előtt a nyulakat 6 órán át éhezettük (szállítással együtt), majd lemértük és elektromos kábítást követően levágták őket. A kivéreztetést követően, a gerezna és az emésztőrendszer eltávolítása után lemértük a meleg karkaszokat (fejjel, vesével, májjal, mellkasi szervekkel és zsírdépőkkel), majd 24 órás 3-4 °C-os hűtést követően a hűtött karkaszokat a Nyúltenyésztési Tudományos Világszövetség (Blasco és Ouhayoun, 1996) ajánlása szerint lemértük és feldaraboltuk.

4.4. Vizsgált tulajdonságok

4.4.1. Szaporasági és nevelési tulajdonságok

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), mértük a 21 napos alomsúlyt és a 35 napos egyedi testsúlyt, illetve kiszámítottuk a 21 napos átlagos egyedi testsúlyt és 35 napos alomsúlyt, és a 0-21., illetve a 0-35. nap közötti szopós elhullást. A négy termékenyítés összesített eredményeiből az IRRG (2005) ajánlása alapján kiszámítottuk a 100 termékenyítésre jutó választott kisnyulak számát, valamint a választott nyulak összegzett súlyát.

4.4.2. Termelési tulajdonságok

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. A napi takarmányfogyasztás értékelésekor úgy számoltunk, hogy az elpusztult egyedek az elhullást megelőző két napon már nem fogyasztottak takarmányt.

4.4.3. Vágási tulajdonságok

Lemértük a fej, a máj, a vesék, a mellkasi szervek, a referencia karkasz (hűtött karkasz - (mellkasi szervek+máj+vesék)), a vese körüli zsír, a vállövi zsír, a karkasz elülső, középső és hátulsó részét, a hátulsó lábról lefejtető húst és csontot. Kiszámoltuk a vágási kihozatalt, az egyes részek és a zsírdepók referencia karkaszhoz viszonyított arányát.

Fagyasztott húsmintákat (n=120 hosszú hátizom; n=120 hátulsó láb; n=120 elülső láb és n=120 hasfal) a Padovai Egyetemre szállítottuk, ahol a kémiai vizsgálatig vákuumcsomagolásban -40°C-on tároltuk. Laboratóriumi vizsgálat előtt a mintákat egy éjszakán át olvasztottuk +4 °C-on, majd ledaráltuk (Retsch Grindomix GM 200 (10 mp. 4000 fordulat/perc), majd fagyasztva szárítottuk és zárt műanyag csövekben tároltuk +4 °C-on az elemzésig. A lipid extrakciót nagynyomású folyadék extrakciós eljárással végeztük (M-ASE), amelyben kloroform/metanol 1:2 arányú keveréke volt az oldószer. Miután szobahőmérsékleten nitrogénáramban vákuum lepárlással eltávolítottuk az oldószert, gravimetrikusan határoztuk meg az éteres kivonatot.

4.5. 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-tesztel elemztük (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 tesztel végeztük (GLM eljárás pdiff opciója). Az elhullási adatokat Chi-négyzet próbával értékeltük.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. Növendéknyulak teljes test zsírtartalmának computer tomográffal történő becslésének eredményessége

A kutatás megkezdése előtt, retrospektív adatokat elemezve igazoltuk, hogy a módszer alkalmas lehet a nyulak testzsír-tartalmára történő szelekcióra, azonban ezeket az adatokat nem volt lehetőségünk publikálni, ezért a kutatás későbbi fázisában, egy konkrét, megtervezett vizsgálattal kívántuk a módszer eredményességét igazolni, amelynek eredményei tudományos cikkben publikálhatóak. Erre a 4. generáció utódaival volt lehetőségünk.

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 (5. táblázat).

5. táblázat: A CT vizsgálat és a próbavágás során mért tulajdonságok eredményei

	Sovány	Zsíros	Sovány és Zsíros csoport együtt
n	60	60	120
Testsúly, g	2433±263	2420±172	2427±222
Vállövi Zsír, g	4,31±2,32*	7,80±2,55	6,04±2,99
Vesekörüli zsír, g	12,1±5,3*	25,9±8,3	18,9±9,8
Vállövi zsír + vesekörüli zsír, g	16,5±7,2*	33,7±10,3	25,0±12,3
CT-vel meghatározott zsírtérfogat, cm ³	129±40*	211±47	170±60
Zsírindex, cm ³ /kg	52,5±14,2*	87,1±17,6	69,5±23,5

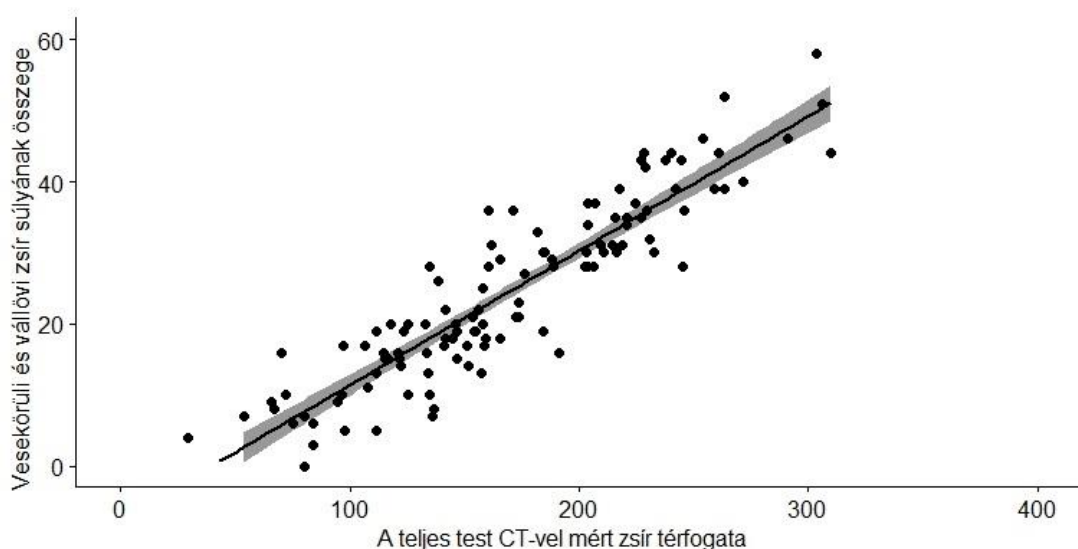
*: a Sovány és a Zsíros csoportok átlagai közötti eltérés szignifikáns (P<0,01)

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 képképző eszközök számára megjeleníthető zsírszövet négy jellemző helyen található a szervezetben: az inter-, az intramuszkuláris, a bőr alatti és a hasúri zsír formájában. Amíg az intermuszkuláris zsír és a bőr alatti zsír a keresztmetszeti képeken és a 3D rekonstrukción is megfelelően látszik (5. B ábra), az intramuszkuláris zsír esetében ez nem mondható el. Nyúlban az intramuszkuláris zsír mennyisége csekély, a hosszú hátizomban 1%, a combban 3-5% (Dalle Zotte és Szendrő, 2011; Zomeño és mtsai, 2013). A CT képek felbontása nem teszi lehetővé közvetlenül az ilyen kis mennyiség meghatározását, csak az izomszövet átlagos denzitásának csökkent értékéből következtethetünk rá (Trudel és mtsai, 2010). Martínez-Álvaro és mtsai (2018) a hosszú hátizom intramuszkuláris zsírtartalmára folytattak kétirányú szelekciót. Bár a nyolc generáció alatt jelentős változást tudtak elérni, de tekintve a kb. 1%-os induló értéket, a 0,34%-os növekedéssel inkább az értékes húsrész élvezeti és funkcionális értékét növelték mintsem jelentős kondíciónövekedést értek volna el, bár a szelekció közvetett hatásaként a zsírdepók mennyiségében is szignifikáns különbséget mutattak ki. Koohmaraie és mtsai (1988) hasonlóan vélekednek a bőr alatti zsír energiatartalék szerepéről, hangsúlyozva azt, hogy fontosabb szerepet játszik a hőszabályozásban.

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, melyet a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: A vesekörüli és a vállövi zsír súlyának összege (g) és a teljes test CT-vel becsült zsír térfogata (cm³) közötti kapcsolat

A fent leírt irodalmi adatok alapján nem számíthattunk szoros korrelációs értékekre, hiszen a mérhető zsírdepók ugyan meghatározó részét, de nem az egészét írják le a testben található zsírszövetek összességének (Pla és mtsai, 2004). Ugyanakkor támpontot kaphattunk ahhoz, hogy a CT képek szegmentációján alapuló zsírtérfogat meghatározás alkalmazhatóságát megítéljük. A teljesen automatikus képfeldolgozással, a küszöböléses technikát morfológiai korrekcióval kiegészítve kapott zsírtérfogat eredmények közepes és szoros korrelációt adtak a zsírdepók súlyával (6. táblázat).

6. táblázat: Pearson korrelációs együtthatók a CT-vel meghatározott teljes test zsírtérfogata (cm³) és a vágás során mért vállövi- és vesekörüli zsír súlya (g) között (P<0,01)

Teljes test CT-vel meghatározott zsír térfogata, cm ³	n	Vállövi zsír súlya, g	Vese körüli zsír súlya, g	Vesekörüli és vállövi zsír súlyának összege, g
Sovány	60	0,749	0,757	0,788
Zsíros	60	0,806	0,822	0,874
Sovány és Zsíros csoport együtt	120	0,862	0,892	0,917

A korrelációs koefficiensek az előzetes eredményekhez (Donkó és mtsai 2016; $r = 0,58-0,68$) viszonyítva szorosabb összefüggést mutattak, ugyanakkor a várakozásnak megfelelően kevésbé voltak szorosak, mint amikor kémiai vizsgálat szerepelt referenciaként, vagy azonos anatómiai struktúra került két módon meghatározásra (Romvári és mtsai, 1996, 1998; Milisits és mtsai, 1999; Yonkova és mtsai, 2010). Magyarázatot erre az ad, hogy a vesekörüli- és a vállövi zsír a teljes test zsírtartalmának ugyan jelentős részét (Pla és mtsai, 2004), de nem az egészét képviseli, emiatt az eredményekre befolyással lehettek a test más tájain előforduló zsírdepók (pl. hasúri, bőr alatti zsírok). Ami a két zsírdepó korrelációs koefficiensei közötti eltérést illeti, a vesekörüli zsír, mint a hasúri zsír része, nehezebben határozható meg és különíthető el, ami nagyobb hibalehetőséget rejt magában, mint a vállövi zsíré, különösen vágóhídi körülmények között.

A korrelációs számítás esetén nem csak a populáció kondíciójának varianciája, hanem az élősúly is befolyásolja a kapott eredményeket, ezért parciális korrelációs együtthatók is meghatározásra kerültek, ahol az élősúlyra történt korrekció (7. táblázat).

7. táblázat: Az élősúlyra korrigált parciális korrelációs együtthatók a teljes test CT-vel becsült zsír térfogata (cm^3) és a vágás során mért vállövi és vesekörüli zsír súlya (g) között ($P < 0,01$)

Teljes test CT-vel meghatározott zsír térfogata, cm^3	n	Vállövi zsír súlya, g	Vese körüli zsír súlya, g	Vesekörüli és vállövi zsír súlyának összege, g
Sovány	60	0,650	0,650	0,696
Zsíros	60	0,727	0,778	0,833
Sovány és Zsíros csoport együtt	120	0,839	0,882	0,907

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 mérsékeltebb 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.

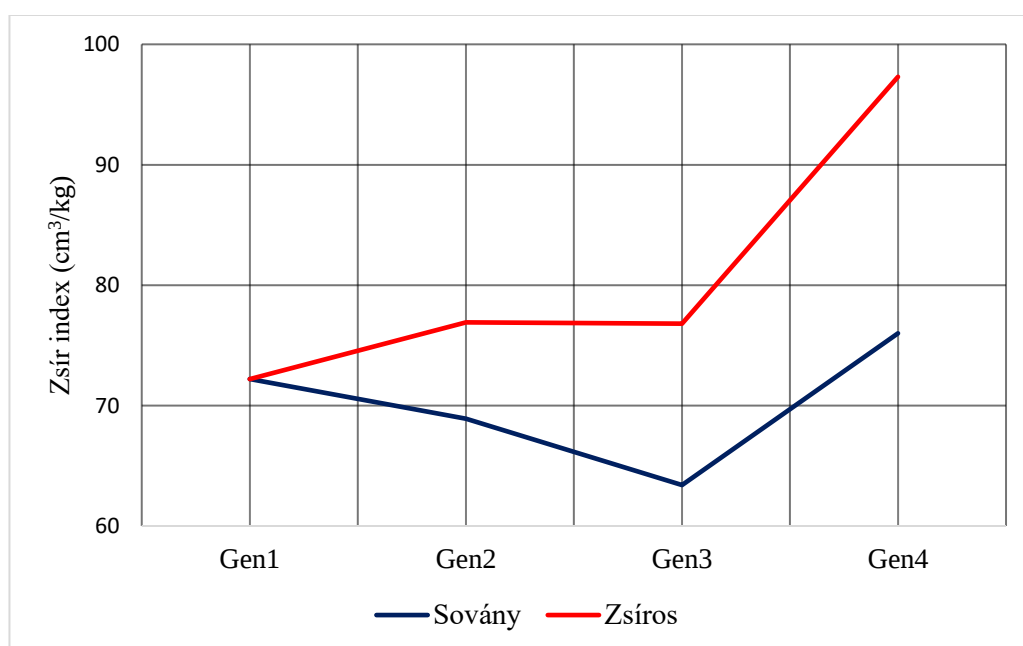
5.2. Testzsírtartalomra végzett szelekció: genetikai paraméterek, szelekciós előrehaladás

A kétirányú szelekciót régóta alkalmazzák az állattudományban (Falconer és Mackay, 1996). A módszer azért népszerű, mert alkalmazásával gyorsan bebizonyítható, hogy egy adott tulajdonság alkalmas-e szelekcióval történő módosításra.

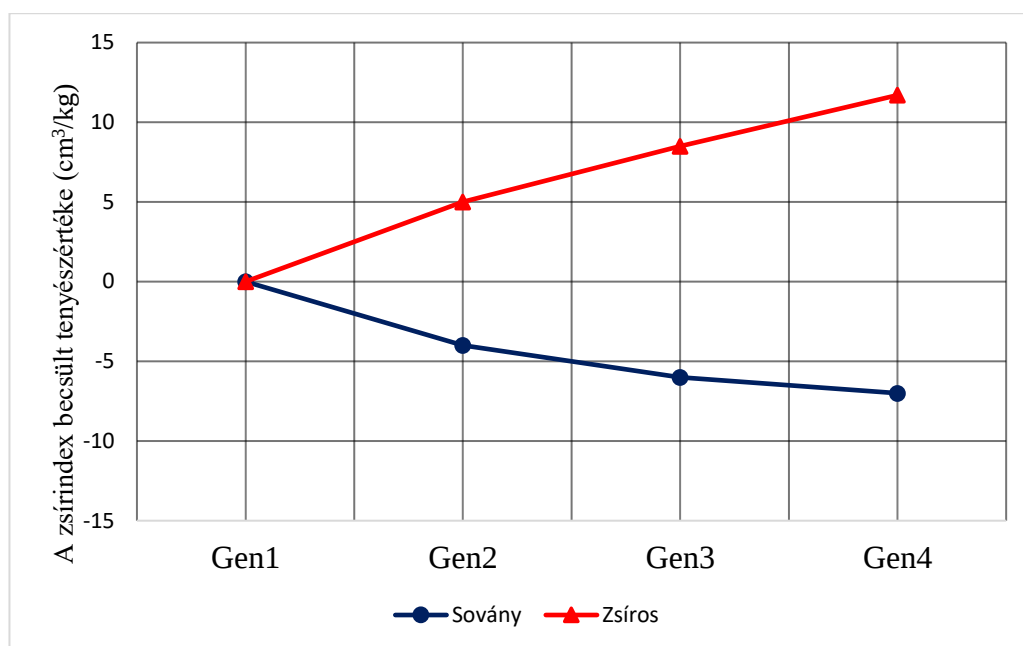
A zsírindex becsült örökölhetősége mérsékelt ($0,28 \pm 0,03$), míg a közös alomhatás mértéke alacsony ($0,10 \pm 0,02$). A zsírral kapcsolatos tulajdonságok örökölhetőségére vonatkozó becslések nem túl gyakoriak az irodalomban, mert, hacsak nem nem invazív technikákat, például CT-t vagy TOBEC-et használnak, az örökölhetőség pontosabb becsléséhez az állatok levágása szükséges. Különböző szerzők nagyon eltérő mértékű öröklődésről számoltak be a teljes test zsírtartalmára vonatkozóan, az alacsony ($0,14$ - $0,16$) és a nagyon magas ($0,80$) értékek között (Rouvier, 1970, Shemeis és Abdallah, 2000, Al-Saef és mtsai 2008). Ugyanakkor a vesekörüli zsír tömegének (ami nagyon jól jellemzi a teljes test zsírtömegét) Garreau és mtsai (2008) becslése szerint magas az örökölhetősége ($0,64$). A boncolható zsír százalékos arányára (a vállövi és a vesekörüli zsírdepók súlya osztva a referencia karkasz tömegével) Martínez-Álvaro és mtsai (2016) magas öröklődhetőségről ($0,70$) számoltak be. Korábbi vizsgálatokban, Pannon fehér nyulakban az L-érték (ami a *musculus longissimus dorsi* keresztmetszete) hasonló örökölhetőséget ($0,47$) (Nagy és mtsai, 2006), míg a combizom térfogata alacsonyabb ($0,20$) örökölhetőséget mutatott.

A fenotípusos és genetikai trendeket a 7. és 8. ábra mutatja. Megfigyelhető, hogy mindkét trend szerint eltérő szelekciós választ mutatott a Zsíros és a Sovány vonal. Aszimmetrikus szelekciós választ gyakran találunk kétirányú szelekciós kísérletekben (Falconer és MacKay, 1996). Falconer és Mackay (1996) a géngyakoriság mellett az aszimmetrikus válaszok egyéb okait is vizsgálták, de sajnos a legtöbb esetben a pontos ok nem azonosítható. 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 cm³/kg különbséget mutatva a legjobb és a legrosszabb évszak között. A szezonális és ivarhatások kiszűrésével a becsült tenyészértékek (nemzedékenkénti átlagban) sokkal egyenletesebb tendenciát adtak. A vizsgálat során elért genetikai javulás nagyjából megfelelt az értékelt adatsor additív genetikai szórásának (9,6 cm³/kg) (8. ábra). 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.



7. ábra: Fenotípusos trendek a Sovány és Zsíros vonalakban



8. ábra. Genetikai trendek a Sovány és Zsíros vonalakban

Ezeket az eredményeket megerősítik Martínez-Álvaro és mtsai (2016) vizsgálatai. Zomeño és mtsai (2013) szerint a pozitív és negatív irányba szelektált vonalak közötti különbség akkor tekinthető relevánsnak, ha az eléri a standard eltérés 33-50%-át. Ebből arra következtethetünk, hogy a jelen tanulmány lényeges különbségeket mutatott a Zsíros és a Sovány vonalak között. CT használatával, Pannon fehér nyulakkal Szendrő és mtsai (1996, 2012) két eltérő szelekciós kísérletet végeztek az L-értékre és a combizom térfogatára vonatkozóan. A második generáció végére a pozitív és negatív irányba szelektált vonalak közötti különbség 5%, illetve 9% volt, ami megerősíti, hogy a CT alkalmas módszer a testösszetétel vizsgálatok alapján folytatott szelekcióra.

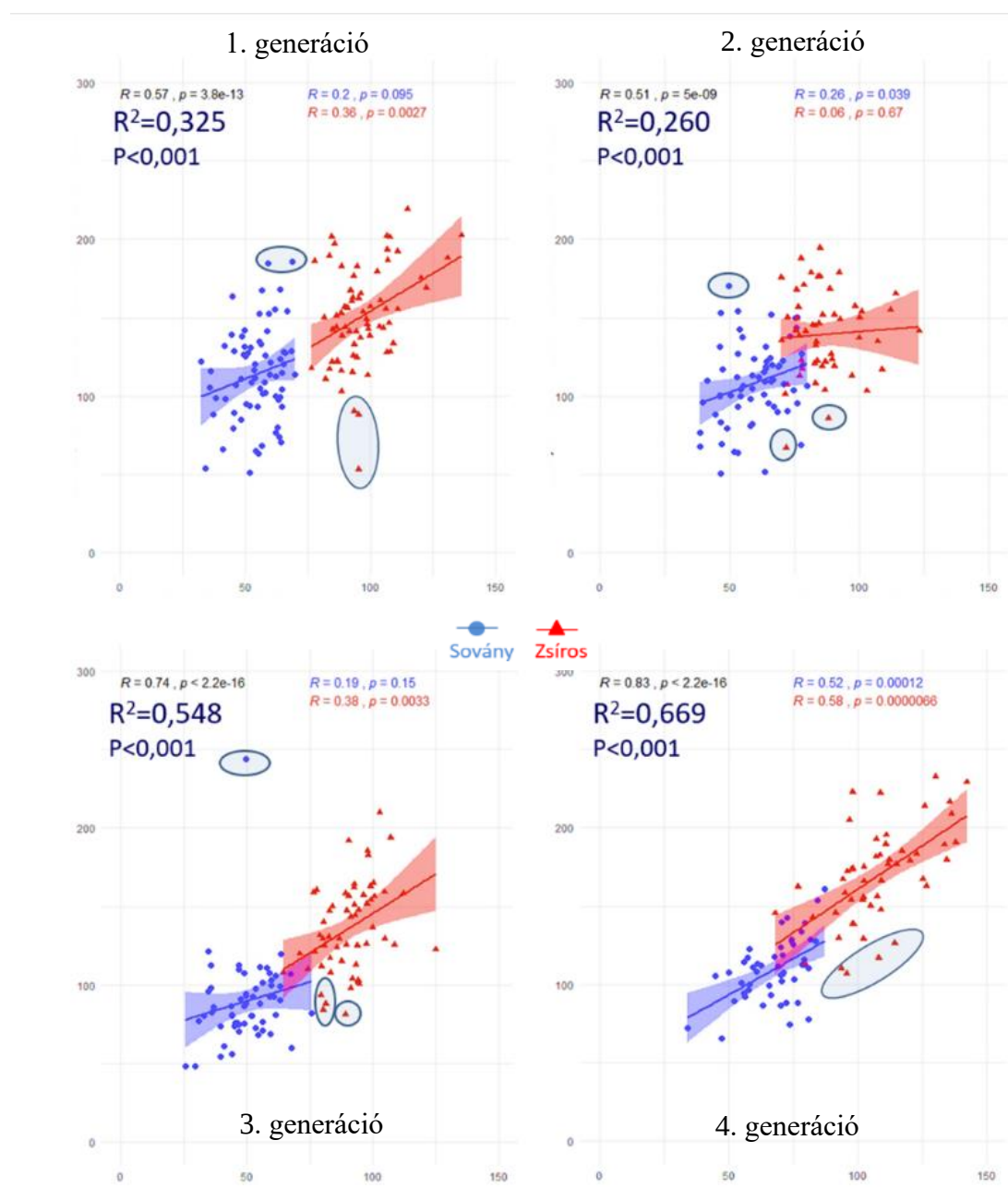
5.3. A 10 hetes korban és a tenyésztésbevétele előtt becsült teljes testzsírtartalom kapcsolatának vizsgálata

A különböző generációkban a 10 hetes korban és a tenyésztésbevétele előtt becsült teljes testzsírtartalom kapcsolata a 9. ábrán látható.

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 $0,260$; $P < 0,001$). Az 1. generáció

kialakításánál egy 527 nyúlból álló, Pannon Ka populációból választottuk ki a CT-vel vizsgálandó, átlagos súlyú hím- és nőivarú egyedeket, amelyekből később meghagytuk a tenyészállatnak szánt legkisebb és legnagyobb zsírindexszel rendelkező nyulakat, ezért is válik egyértelműen külön a két kialakított csoport (9. ábra).

A tenyésznövendék nyulakat, a beltenyésztés elkerülése érdekében, a kiinduló fajta 4 vonalának figyelembevételével, azokból egyenlő arányban választottuk ki. Részben ez lehet a magyarázata a gyenge korrelációnak is.



9. ábra: A 10 hetes korban és a tenyésztésbevitel előtt becsült zsírindex kapcsolata nőivarú nyulakban a 4 generációban.

Annak érdekében, hogy minél nagyobb létszámból tudjunk tenyésznövendékeket kiválasztani, a 3. és 4. generációhoz már két-két fialásból hagytunk meg tenyésztánpótlást. Ennek eredményeként ezekben a 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 - bekarikázva jelöltük a 9. ábrán – kihagyva a továbbtenyésztésből a csoportok közötti különbség, valamint a kétféle időpontban végzett zsírindex becslés szorossága növelhető. Érdekes lehet tehát a szelekciót két lépcsőben elvégezni, oly módon, hogy a tenyésztésbevitel előtt újból becsült testzsírtartalom alapján kiszűrjük a „kiugró” egyedeket.

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

Az anyanyulak generációnkénti szaporasági és nevelési eredményeit a 8. táblázat tartalmazza.

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 ($P < 0,001$). Az 1-3. generációban alkalmazott későbbi, 19 hetes kori tenyésztésbevitel esetén a Sovány nyulak is megfelelő kondícióba kerülhettek. Ugyanakkor a 16,5 hetes korban történő első termékenyítéskor az anyanyulak testsúlya a kifejlett kori szint 75-80%-át éri még csak el (Xiccato, 1996).

Az első két generációban nem találtunk különbséget az anyák fialáskori testsúlyában, a harmadik generációban azonban a Sovány nyulak nehezebbek voltak a Zsíros anyanyulaknál ($P < 0,05$), és ez a különbség tovább nőtt a negyedik generációban

(8. táblázat). Mivel a CT adatok alapján testzsír-tartalomra végzett szelekció hatására jelentősen megváltozott a vesekörüli zsír aránya (Szendrő és mtsai, 2016), ezért a testsúlyban tapasztalt eltérés ellentétes a korábban Castellini és mtsai (2006) és Theilgaard és mtsai (2007) által közölt eredményekkel, miszerint a nagyobb vesekörüli zsírral rendelkező anyanyulak fialáskor nehezebbek voltak, mint a kisebb zsírtartalékokkal rendelkező egyedek. Viszont alátámasztja a Cardinali és mtsai (2008) által tapasztaltakat.

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 (8. táblázat). 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 ($P=0,001$). A negyedik generációban viszont nem találtunk különbséget a csoportok között a fiókák 21 és 35 napos súlyában.

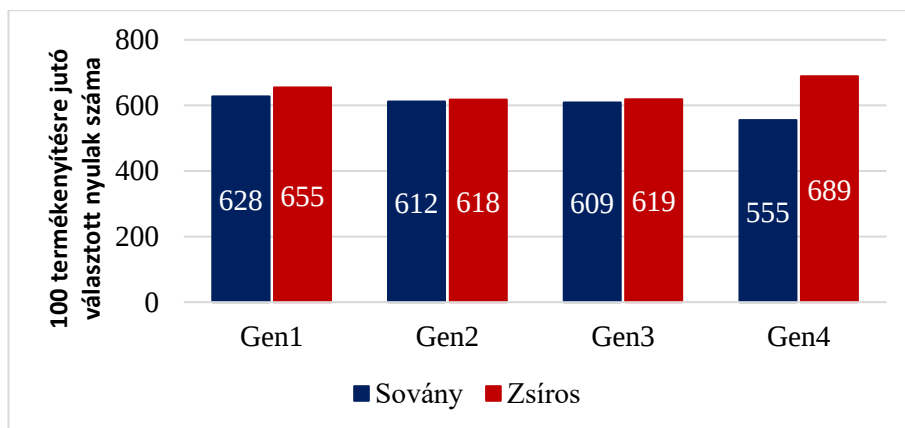
A születés és 21 napos kor közötti szopós elhullásban csak a negyedik generációban kaptunk szignifikáns különbséget ($P<0,01$), a Sovány csoportban több kisnyúl hullott el, mint a Zsírosban (8. táblázat).

8. táblázat: A kétirányú szelekció hatása a testzsír-tartalom alapján kétirányban szelektált anyanyulak termelésére

	Generációk															
	1				2				3				4			
	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P
n (fialt anya/AI*)	196/255	210/262	---	---	160/216	141/185	---	---	173/217	164/206	---	---	131/187	156/183	---	---
Fialási arány (%)	76,9	80,2	---	0,362	74,1	76,2	---	0,621	79,7	79,6	---	0,977	70,1	85,2	---	<0,001
Anya testsúlya fialáskor (kg)	4,26	4,21	0,02	0,174	4,20	4,24	0,02	0,544	4,20	4,11	0,37	0,018	4,24	4,07	0,02	<0,001
Alomlétszám																
összes	10,8	10,3	0,18	0,129	10,6	10,9	0,20	0,419	9,80	10,2	3,17	0,322	10,7	10,1	0,20	0,104
élő	10,0	9,68	0,18	0,354	9,76	9,91	0,20	0,743	8,95	9,63	3,30	0,075	10,1	9,60	0,20	0,131
holt	0,83	0,63	0,08	0,217	0,83	1,01	0,11	0,426	0,84	0,59	1,46	0,109	0,53	0,49	0,08	0,681
21 napos	8,38	8,41	0,07	0,750	8,46	8,36	0,08	0,548	7,81	8,08	1,60	0,144	8,08	8,33	0,09	0,122
35 napos	8,19	8,17	0,07	0,896	8,26	8,11	0,09	0,317	7,64	7,77	1,64	0,585	7,92	8,09	0,09	0,254
Egyedi tömeg (g)																
21 napos	358	361	2,78	0,546	340	344	2,95	0,613	352	331	2,95	0,001	323	324	3,22	0,786
35 napos	806	807	4,54	0,769	786	788	7,49	0,838	832	799	5,21	0,001	815	816	5,90	0,991
Alomsúly (kg)																
21 napos	2,91	2,96	0,03	0,279	2,84	2,82	0,03	0,767	2,72	2,67	0,58	0,370	2,56	2,65	0,03	0,138
35 napos	6,58	6,59	0,07	0,890	6,42	6,32	0,07	0,477	6,34	6,21	1,44	0,353	6,44	6,59	0,08	0,311
Elhullás (%)																
0-21. nap	9,48	8,63	---	0,401	8,92	10,3	---	0,237	12,3	12,2	---	0,975	13,3	9,90	---	0,009
0-35. nap	11,6	11,4	---	0,839	11,1	13,1	---	0,128	14,0	15,6	---	0,233	15,1	12,5	---	0,065

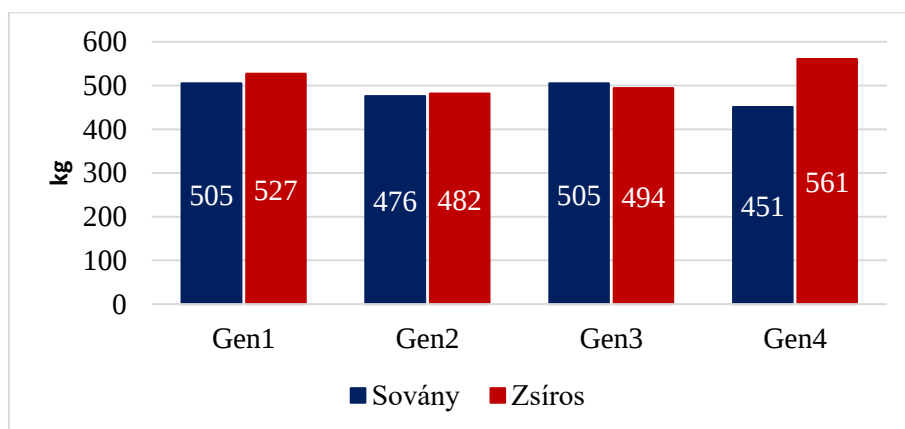
¹AI: Mesterséges termékenyítés

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 (10. ábra).



10. ábra: A 100 termékenyítésre jutó választott nyulak száma az első 4 generációban

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 (11. ábra).



11. ábra: A 100 termékenyítésre jutó választott nyulak összegzett súlya az első 4 generációban

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

5.5.1. Termelési tulajdonságok

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 ($P < 0,05$). Súlygyarapodásban és 11 hetes testsúlyban egyik generációban sem kaptunk szignifikáns különbséget (9. táblázat). 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.

Mivel a zsírbeépülés energiaigénye magasabb, mint a fehérje (izom) anabolizmusé (Whittemore, 1980; Van Milgen és mtsai, 2003), a Sovány vonalban várható volt a takarmányértékesítés (5-11 hét) javulása, ami megerősítette a Baéza és Le Bihan-Duval (2013) által publikált korábbi eredményeket. Közvetve Szendrő és mtsai (2012) is hasonló eredményeket kaptak, amikor a CT-vel becsült combizomtérfogatra végeztek kétirányú szelekciót, a nagyobb izomtérfogattal rendelkező nyulak takarmányértékesítése kedvezőbben alakult, feltételezhetően a kisebb mértékű zsírbeépülés következtében. Hasonlóan ahhoz, amit Martinez és mtsai (2000), valamint Baéza és Le Bihan-Duval (2013) megfigyeltek, úgy tűnik, hogy a testzsírtartalomra végzett kétirányú szelekció csekély mértékben vagy egyáltalán nincs hatással a nyúl testsúlyára és napi átlagos testsúlygyarapodására.

9. táblázat: A kétirányú szelekció hatása a testzsír-tartalom alapján kétirányban szelektált növendéknyulak termelésére

Generációk	1				2				3				4					
Vonal	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	SE	PGen
n	57	53			52	59			51	49			54	53				PVonal*Gen
Testsúly, g																		
5. élethét	816 ^{ab}	812 ^{ac}	5,70	0,786	742 ^d	719 ^d	5,10	0,027	841 ^b	812 ^a	5,68	0,011	819 ^{ab}	842 ^{bc}	4,5	0,009	54,5	<0,001
11. élethét	2306	2273	23,5	0,479	2227	2167	16,6	0,073	2422	2389	23,9	0,486	2369	2362	20,7	0,855	222	<0,001
5-11. hét																		
Súlygyarapodás, g/nap	36,0	35,2	0,49	0,442	35,5	34,5	0,36	0,156	37,6	37,2	0,58	0,770	36,1	36,0	0,45	0,873	4,7	0,004
Takarmányfogyasztás, g/nap	141	146	1,72	0,119	112	113	1,24	0,660	130	137	1,49	0,032	127	134	1,43	0,008	9,02	<0,001
Takarmányértékesítés, g/g	3,97	4,20	0,06	0,029	3,02	3,29	0,02	0,005	3,52	3,72	0,04	0,016	3,52	3,79	0,03	<0,001	0,35	<0,001
Elhullás, %	5,00	11,7	---	0,188	13,7	1,70	---	0,052	3,70	9,30	---	0,244	3,70	9,30	---	0,696	---	0,155

a,b,c,d betűk a sorokon belüli szignifikáns különbségeket jelölik P<0,05 szinten.

5.5.2. Vágási tulajdonságok

A vágási kitermelésben a csoportok között az egyes generációkon belül nem kaptunk különbséget, a szelekció előrehaladásával mindkét csoportban nőtt a vágási kitermelés (10. táblázat). 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 testzsírtartalomra végzett kétirányú szelekció eredményeként a vesekörüli- és a vállövi zsír nagyobb volt a Zsíros csoportban. Ez az eredmény megerősíti a korábbi, egerekben (Martinez és mtsai, 2000) és brojlercsirkékben (Zhang és mtsai, 2012) végzett vizsgálatok eredményeit. A zsírtartalom változás mértéke azonban a kétirányú szelekció tárgya szerint változhat: az intramuszkuláris zsírtartalomra (IMF) kétirányba szelektált nyulak IMF-je szimmetrikusan változott (Zomeño és mtsai, 2013), míg a mi 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.

10. táblázat: A szelekció hatása a testzsír-tartalom alapján kétirányban szelektált nyulak vágási tulajdonságaira

Generációk	1				2				3				4				SE	PGen	P Vonal * Gen
Vonal n	Sovány 57	Zsíros 53	SE	p	Sovány 52	Zsíros 59	SE	p	Sovány 51	Zsíros 49	SE	p	Sovány 54	Zsíros 53	SE	p	SE	PGen	P Vonal * Gen
Vágási kitermelés, %																			
Hűtött karkasz	55,8	55,8	0,31	1,000	56,9	56,5	0,33	0,992	57,7	58,1	0,33	0,965	59,8	58,9	0,33	0,576	2,22	<0,001	0,238
Referencia karkaszhoz viszonyított arány, %																			
Elülső rész	30,8 ^a	30,6 ^{ab}	0,18	0,455	31,3 ^a	29,9 ^b	0,16	<0,001	31,0 ^a	30,7 ^{ab}	0,11	0,148	27,8 ^c	27,1 ^c	0,13	0,003	1,48	<0,001	0,010
Középső rész	30,1	30,9	0,19	0,043	29,8	30,2	0,11	0,086	30,0	29,9	0,11	0,663	32,7	32,9	0,16	0,482	1,45	<0,001	0,196
Hátulsó rész	36,7 ^a	36,5 ^a	0,12	0,327	37,5 ^b	37,9 ^b	0,09	0,086	37,4 ^b	36,6 ^a	0,11	<0,001	38,0 ^b	37,5 ^b	0,10	0,011	1,07	<0,001	0,001
Vese körüli zsír	1,13 ^{ab}	1,46 ^c	0,06	0,004	0,85 ^b	1,34 ^{ac}	0,05	<0,001	1,13 ^{bc}	2,11 ^d	0,08	<0,001	0,88 ^b	1,79 ^d	0,02	<0,001	0,54	<0,001	<0,001
Vállövi zsír	0,39 ^{ab}	0,45 ^b	0,02	0,080	0,31 ^a	0,41 ^{ab}	0,01	<0,001	0,43 ^b	0,64 ^c	0,02	<0,001	0,34 ^{ab}	0,52 ^c	0,02	<0,001	0,16	<0,001	0,003

a,b,c,d betűk a sorokon belüli szignifikáns különbségeket jelölik P<0,05 szinten.

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. Eredményeink nyúl esetén is megerősítik, hogy a zsírtartalomra végzett kétirányú szelekció hatékony stratégia a karkasz zsírtartalmának módosítására, függetlenül az állatfajtól (Hetzer és Harvey, 1967; Cahaner és mtsai, 1986; Eisen, 1987; Martinez és mtsai, 2000; Zhang és mtsai, 2012; Baéza és Le Bihan-Duval, 2013;), és hogy a különbség a Sovány és Zsíros vonalak között főként a vizsgált generációk számától függ. Bünger és mtsai (2002) hosszú távú kétirányú szelekciót végeztek egerek testzsírtartalmára, és 60 generáció után 22%-os, illetve 4%-os testzsírtartalmat értek el a Zsíros és a Sovány vonalban. Ezek az eredmények arra is rávilágítanak, hogy szinte lehetetlen egy meghatározott küszöb alá csökkenteni a zsírtartalmat, emelni viszont lehetséges. Ez az egyik oka annak, hogy a zsírszövet mennyiségi változása a két vonalban aszimmetrikus lehet, még a hosszabb távú kétirányú szelekciós sémák esetén is. A nyúlhús alapvetően sovány húsnak számít (Dalle Zotte és Szendrő, 2012), így a zsírtartalom kismértékű módosítása is pozitív eredménynek tekinthető a fogyasztó szempontjából.

Martínez-Álvaro és mtsai (2018), rávilágítottak arra, hogy a nyulak *Longissimus thoracis et lumborum* izom IMF tartalmára végzett kétirányú szelekció pozitívan korrelált a *Biceps femoris*, *Supraspinatus* és *Semimembranosus proprius* izmok IMF tartalmával is. Amikor Zomeño és mtsai (2013a, b) kétirányú szelekciót folytattak a hosszú hátizom IMF tartalmára, azzal párhuzamosan a vesekörüli zsírdepó mennyisége is változott, 1,06 g-mal magasabb volt a nagyobb intramuszkuláris zsírtartalomra szelektált nyulakban, mint az alacsony IMF tartalomra szelektáltakban. Úgy tűnik, hogy ha az egyik zsírraktárat kétirányú szelekcióval módosítjuk, akkor más depókban is ugyanilyen irányú változás következik be. Kísérletünkben a nyulakat a teljes testzsírtartalomra szelektáltuk, így az összes zsírraktárat bevontuk, és eredményeink szerint az egyes húsrészek zsírtartalmában már a 2. generációban különbség volt a zsírtartalomban (Cullere és mtsai, 2022).

Ahogy már említettük, nyulaknál a combizomtérfogatra végzett szelekció a testzsírtartalomra is hatott, jelentős különbségekhez vezetett a vesekörüli- és a vállövi zsír referencia karkaszhoz viszonyított arányában (2,4% és 1,9%, $P < 0,01$; 1,07% és 0,49%, $P < 0,001$), alacsonyabb értékeket találtak a nagyobb combizomtérfogatra szelektált nyulakban (Szendrő és mtsai, 2012).

5.5.3. Az egyes húsrészek zsírtartalma

A 11. táblázatban mutatjuk be a szelekció irányának (Sovány, Zsíros), a generációnak és ezek kölcsönhatásának az általunk vizsgált négy húsrész kémiai összetételére gyakorolt hatását. Az 1. generációban a négy húsrész összetétele közel azonos volt a Sovány és Zsíros nyulakban ($P > 0,05$). Ezután generációról generációra a szelekciós munka során két különböző nyúlpopulációt hoztunk létre, amelyek különböző húsmínőségi jellemzőket mutattak. Az aszimmetrikus változás mértéke a vizsgált húsrésztől függött: minél zsírosabb a húsrész, annál hatékonyabb a szelekciós program. 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 testzsírtartalomra 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; $P < 0,01$).

11. táblázat: A kétirányú szelekció hatása az egyes húsrészek kémiai összetételére (g/100g hús)

		Generációk																		
		1				2				3				4						
	Vonal	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	Sovány	Zsíros	SE	P	SE	PGen	PVonal
	n	15	15			15	15			15	15			15	15					*Gen
Hátulsó láb	Víz	75,1	74,8	0,16	0,941	75,2	74,4	0,14	0,038	74,1	73,3	0,13	0,118	76,2	75,0	0,17	<0,001	0,73	<0,0001	0,130
	Fehérje	18,6	18,4	0,17	0,999	18,3	18,5	0,06	0,976	19,0	19,0	0,06	1,000	17,4	17,6	0,11	0,957	0,61	<0,0001	0,609
	Zsír	5,01	5,45	0,18	0,675	5,20	5,85	0,11	0,191	5,52	6,27	0,14	0,080	5,10	5,98	0,13	0,017	0,70	0,005	0,663
	Hamu	1,37	1,36	0,14	1,000	1,28	1,26	0,01	1,000	1,44	1,41	0,02	0,999	1,33	1,41	0,02	0,592	0,11	<0,0001	0,275
Hosszú hátizom	Víz	75,4	75,0	0,16	0,746	75,9	75,3	0,13	0,272	74,4	74,2	0,12	0,997	75,2	75,2	0,10	1,000	0,68	<0,0001	0,472
	Fehérje	19,6	19,9	0,15	0,828	19,1	19,5	0,10	0,558	20,4	20,3	0,10	0,997	19,4	19,2	0,08	1,000	0,60	<0,0001	0,160
	Zsír	3,68	3,79	0,09	0,990	3,61	3,78	0,05	0,863	3,73	3,96	0,06	0,621	3,96	4,18	0,05	0,683	0,35	<0,001	0,907
	Hamu	1,35	1,32	0,01	1,00	1,42	1,41	0,02	1,000	1,48	1,57	0,06	0,889	1,45	1,42	0,02	1,000	0,19	0,0024	0,563
Elülső láb	Víz	72,5 ^{bc}	72,2 ^{bcd}	0,35	1,000	72,9 ^{ab}	70,5 ^{de}	0,34	0,004	70,6 ^{cde}	68,8 ^{de}	0,36	0,056	74,6 ^a	71,7 ^{bcd}	0,35	<0,0001	1,63	<0,0001	0,015
	Fehérje	16,7	16,7	0,11	1,000	16,9	16,6	0,15	0,892	17,7	17,4	0,13	0,938	16,2	15,2	0,16	0,004	0,72	<0,0001	0,049
	Zsír	9,58 ^{cde}	9,96 ^{bcd}	0,42	0,999	8,95 ^{de}	11,7 ^{abc}	0,39	0,003	10,3 ^{abcd}	12,4 ^a	0,43	0,054	7,93 ^c	11,9 ^{ab}	0,43	<0,0001	1,89	0,006	0,004
	Hamu	1,24	1,14	0,03	0,373	1,24	1,16	0,01	0,708	1,34	1,34	0,03	1,000	1,19	1,14	0,02	0,946	0,13	<0,0001	0,455
Hasfal	Víz	70,4	68,9	0,52	0,572	72,2	69,7	0,41	0,045	70,0	67,2	0,47	0,013	75,6	72,3	0,41	0,002	2,16	<0,0001	0,436
	Fehérje	19,0	18,7	0,14	0,988	17,9	17,3	0,21	0,736	18,4	17,8	0,17	0,671	16,1	15,7	0,15	0,924	0,91	<0,0001	0,928
	Zsír	9,46	11,3	0,60	0,518	8,75	11,8	0,50	0,024	10,4	13,8	0,56	0,008	7,26	10,9	0,45	0,003	2,51	<0,0001	0,487
	Hamu	1,20	1,17	0,01	0,999	1,20	1,13	0,03	0,733	1,29	1,26	0,02	0,999	1,13	1,12	0,01	1,000	0,11	<0,0001	0,770

a,b,c,d,e betűk a sorokon belüli szignifikáns különbségeket jelölik P<0,05 szinten.

A generáció hatása szignifikáns volt ($P < 0,05$) az általunk vizsgált összes húsrész esetében (11. táblázat), 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 mintanagyság és az adatok változékonysága miatt nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget.

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.

A teljes testzsírtartalomra végzett szelekcióban különböző zsírraktárak (zsigeri, szubkután, intermuszkuláris és intramuszkuláris) vesznek részt. Az intramuszkuláris zsír minden bizonnyal érdekes a fogyasztók számára: táplálkozási szempontból, mivel zsírsavakat biztosít, és hedonikusan, mert befolyásolja a hús érzékszervi tulajdonságait (Realini és mtsai, 2021). Tekintettel azonban arra, hogy a nyúl karkasz teljes intramuszkuláris zsírtartalma rendkívül alacsony, nagyjából 1% (Zomeño és mtsai, 2013), a teljes testzsírtartalom genetikai szelekciója ebben az értelemben várhatóan csak marginális hatást fejt ki (Blasco és mtsai, 2018). Ezt figyeltük meg a hosszú hátizom zsírtartalmában, amely a nyúl testének legsoványabb húsrésze (Dalle Zotte és Szendrő, 2012) és a zsírcsökkentés nem haladhatja meg az élettani küszöböt. Martínez-Álvaro és mtsai (2018) hat generáción keresztül kétirányú szelekciót végeztek az intramuszkuláris zsírtartalomra, amivel párhuzamosan a zsírdepók is változtak. Amikor a kétirányú szelekciót az intramuszkuláris zsírtartalomra végezték, hét generáció után (Martínez-Álvaro és mtsai., 2016) 5%-os eltérést tapasztaltak a *longissimus thoracis et lumborum* izom/generáció átlagértékében, és a két vonal szimmetrikus tendenciát követett. Más izmokat tekintve

az intramuszkuláris zsírtartalomra végzett szelekció során változott a *biceps femoris*, a *supraspinatus* és a *semimembranosus proprius* zsírtartalma is (Martínez-Álvaro és mtsai, 2016). Sosa-Madrid és mtsai (2020) eredményei arra is rávilágítottak, hogy a tíz generáción át az intramuszkuláris zsírtartalomra végzett kétirányú szelekcióval olyan nyúlpopulációkat hoztak létre, amelyeket nagyfokú genomi differenciálódás jellemzett.

6. 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.

7. 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.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

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.

Nyulaknál a tenyésztés utánpótlás kiválasztására legkésőbb 10 hetes életkorban van lehetőségünk, mert 10-11 hetesen már elérik a vágósúlyt (2,5 kg) és a tovább tenyésztésre ki nem választott egyedek értékesítésre kerülnek. Ezért a szelekcióhoz a CT vizsgálatokat legkésőbb 10 hetes életkorban el kell végezni. Azonban a zsír beépülése nyulaknál 10 hetes kor után nagyon intenzív, így a tenyésztésbevitel (16-20 hetes életkor) idejére a nyulak testzsír-tartalma jelentősen megváltozik.

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.

A nyulak CT-vel becsült teljes test zsírtartalmának térfogat értékét (cm^3) az élősúlyra (kg) vetítve zsírindexet számoltunk. Négy generáción keresztül a legkisebb (Sovány) és a legnagyobb (Zsíros) zsírindexeket mutató egyedeket hagytuk meg tenyészállatnak.

Tenyésztésbevetelkor az anyanyulakat (generációnként 60 Sovány és 60 Zsíros) drótrácsból készült ketrecekben (86 x 38 x 30 cm), egyedileg helyeztük el. A napi megvilágítás 16 óra volt, a hőmérséklet - évszaktól függően - 15 és 28°C között változott. A nyulak *ad libitum* fogyaszthattak kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt, súlyszelepes önitatókból korlátlanul ihattak.

Az anyanyulakat az első három generációban 19 hetes életkorban vettük tenyésztésbe és 16,5 hetesen a 4. generációban. 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). Az átlag hőmérséklet 15-16°C volt az 1. és 3. generáció, illetve 25-28°C a 2. generáció vizsgálatakor. A nyulak kereskedelmi forgalomban kapható takarmányt *ad libitum* fogyaszthattak és súlyszelepes itatókból korlátlanul ihattak.

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.

Az első négy generáció termelése alapján nem mutatható ki a testzsír-tartalomra folytatott kétirányú szelekció egyértelmű hatása. Úgy tűnik, hogy nagyobb zsírtartalom (kondíció) különbségnek kell kialakulnia ahhoz, hogy az anyanyulak termelésében észrevehető különbséget kapjunk.

Az anyák zsírindexét az első termékenyítés előtt is kiszámítottuk. Az 1. és 2. generációban kismértékű pozitív korrelációt találtunk (0,325 és 0,260; $P < 0,001$). A 3. és 4. generációban a korrelációk közepesek voltak (0,548 és 0,689; $P < 0,001$). Bár az eredmények azt mutatják, hogy a nyulak testzsírtartalmában az 1. termékenyítésig előfordulhatnak változások, a 10 hetes zsírindexek alapján történő szelekció akkor lehet sikeres, ha az első termékenyítés 16,5 hetes korban történik.

Az 1. és 2. generációban nem volt különbség a növendék nyulak testsúlyában sem 5, sem 11 hetes életkorban. A 3. generációban az alacsony testzsírtartalomra szelektált nyulak nehezebbek voltak 5 hetesen, mint a Zsíros nyulak ($P < 0,05$). Súlygyarapodásban és 11 hetes testsúlyban egyik generációban sem kaptunk szignifikáns különbséget. A takarmányfogyasztásban nem volt különbség az első két generációban, 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. 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 mennyisége nagyobb volt a Zsíros csoportban.

Az összes vizsgált húsrész zsírtartalmát tekintve a két vonal közötti különbség generációról generációra nőtt. A zsírtartalom különbségei az 1., 2., 3. és 4. generációkban a négy vizsgált húsrészben: 0,12-0,16-0,23-0,19% a hosszú hátizomban, 0,41-0,58-0,67-0,85% a hátulsó lábokban, 0,32-2,56-1,97 -3,86% az elülső lábokban, 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.

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

9. SUMMARY

During the last days of pregnancy and at the peak of lactation, rabbit does are unable to consume enough feed to cover their energy needs, so they are forced to mobilise their own body reserves, which leads to a deterioration in their condition. At the time of the first insemination, the body weight of rabbit does reach the 75-80% of their adult weight. During the first pregnancy and then lactation, rabbit does also gain weight, which also requires energy and nutrient intake. In young rabbit does, this multiple energy deficiency state (she is nursing, pregnant with the next litter and her own body is also growing) can lead to a serious deterioration in body condition, poorer production results and often culling.

Body condition can be characterised by the amount of fat depots, which can be most accurately determined by chemical analysis of the whole body after a test slaughter. Among the procedures that can be performed on live animals, ultrasound and Total Body Electrical Conductivity measurement (TOBEC) are less reliable, the Magnetic Resonance method provides significantly more accurate information, but is expensive and time-consuming, which does not allow their use for selection purposes. In contrary, Computed Tomography (CT) is fast, accurate, provides a reliable picture of the composition and fat content of the whole body and, last but not least, has a good price/value ratio.

In rabbits, the last possible date when we can select the future breeding animals is at 10 weeks of age, because they reach slaughter weights (2.5 kg) at 10-11 weeks of age and those animals which are not selected for further breeding are sold. Therefore, CT examinations for selection must be performed at the latest at 10 weeks of age. However, fat deposition in rabbits is very intense after 10 weeks of age, so by the time of the first insemination (16-20 weeks of age) the body fat content of rabbits changes significantly.

In addition, consumers in developed countries are placing increasingly high demands on the quality of the food they consume. As a result, the meat industry also places great emphasis on meat quality. Fat content significantly affects the quality of meat.

In the present study, male and female rabbits at 10 weeks of age were examined with Computed Tomography (CT). Fat index was calculated as the estimated total

body fat content of the rabbits (cm^3) divided by the body weight (kg). In each generation the rabbits with the lowest fat indexes (Lean group) and with the highest fat indexes (Fat group) were chosen for future breeding animals.

Rabbit does (60 Lean and 60 Fat per generation) were placed individually in wire mesh cages (86 x 38 x 30 cm). The daily light was 16 hours, the temperature - depending on the season - varied between 15 and 28°C. The rabbits could consume commercially available feed *ad libitum* and drink unlimitedly from nipple drinkers.

The rabbit does were first inseminated at the age of 19 weeks in the first 3 generations and at 16.5 weeks in the 4th generation. A 42-day reproduction rhythm was used. Fresh, diluted, individual semen was used for inseminations, all Fat does were inseminated with the semen of Fat and all Lean does with the semen of Lean bucks. Cross-fostering was used within the group (1st litter: max. 8 kits/litter, in subsequent litters max. 10 kits/litter), does could nurse their kits freely.

The results of the first 4 inseminations were evaluated in each generation. We recorded the kindling rate, the body weight of the does at kindling, the litter size (total, born alive and stillborn, after litter equalization, 21 and 35 days old), the litter weight at 21 and 35 days old, and the individual body weight was calculated at 21 and 35 days of age, and the suckling mortality between 0-21 and 0-35 days. From the combined results of the four inseminations, we calculated the number of weaned rabbits per 100 inseminations, as well as the total weight of the weaned rabbits.

A fattening experiment was performed with male rabbits from the 3rd litter of each generation. At 35 days old, individuals representing the average body weight of group were randomly selected (60 Lean and 60 Fat individuals).

The animals were housed in wire mesh cages (3 rabbits/cage; 16 rabbits/m²). the temperature - depending on the season - varied between 15 and 28°C. The rabbits were allowed to consume commercially available feed *ad libitum* and drink unlimitedly from nipple drinkers.

The weight of the rabbits and the feed intake were measured weekly between 5 and 11 weeks of age. Daily weight gain, daily feed intake and feed conversion ratio were calculated. Mortality was recorded daily. Body weight and weight gain were assessed individually, feed intake and feed conversion were calculated per cage.

Based on the production of the first four generations, no clear effect of divergent selection on body fat content can be demonstrated. It seems that a larger difference in body fat (condition) must develop to obtain a noticeable difference in the reproductive performance of rabbit does.

The fat index of rabbit does was checked before the first insemination at the same way. In the Gen1 and Gen2 there were low positive correlations found ($R^2 = 0.325$ and 0.260 respectively; $P < 0.001$). In the 3rd and 4th generations correlations were moderate ($R^2 = 0.548$ and 0.689 respectively; $P < 0.001$). According to the results obtained, the selection method based on 10-week-old fat indexes is suitable for selecting rabbits for breeding. The effectiveness of this method can be enhanced if the first insemination occurs at an earlier age (16.5 weeks).

There was not significant difference between Lean and Fat rabbits in the body weight at 5wk in Gen1 and Gen2, however in Gen3 Lean rabbits were heavier than Fat rabbits, but in Gen4 Fat rabbits were heavier than Lean rabbits ($P < 0.05$). The weight gain and body weight at 11 weeks were not affected by the direction of selection. Lean rabbits consumed less feed than Fat rabbits ($P < 0.05$) in Gen3 and Gen4 between 5-11 weeks. In Gen1, Gen2, Gen3 and Gen4 the Lean group had better feed conversion ratio than that of the Fat rabbits (3.97 vs 4.20, 3.16 vs 3.29, 3.52 vs 3.72, 3.52 vs. 3.79 respectively; $P < 0.05$). The ratio of perirenal fat to reference carcass was significantly higher in Fat than in Lean rabbits in each generation.

There was no difference in dressing out percentage between the groups within each generation. In the ratio of the fore part to the reference carcass, a statistically proven difference was found in the Gen2 and Gen4 in favour of the Lean group. In the 1st generation, the ratio of the middle part was higher in the Fat group, but in the later generations, no such difference was found. The ratio of the hind part did not differ between the two groups in the first two generations, but in the Gen3 and Gen4, the ratio of the hind part was higher in the Fat rabbits than in the Lean ones. As a result of the divergent selection for total body fat content, the ratio of the perirenal and scapular fat were higher in the Fat group.

The difference between the two lines in all meat cuts increased from generation to generation. The differences between the fat content of the two lines in generations 1, 2, 3 and 4 in the four meat cuts were: 0.12-0.16-0.23-0.19% in the *longissimus thoracis et lumborum* muscles, 0.41-0.58-0.67-0.85% in the hind legs, 0.32-2.56-1.97

-3.86% in the forelegs, and 1.41-2.91-3.16-3.47% in the abdominal wall. However, a significant effect was only observed in the fat content of the foreleg in generations 1 and 4 ($P < 0.001$). Due to the relatively limited sample size and variability of the data, no significant differences were observed in the other cuts.

In general, the results confirm that the effectiveness of the divergent selection for total body fat content in the Lean and Fat lines was also reflected in the fat content of the examined meat cuts.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálásan köszönöm témavezetőimnek **Prof. Dr. Matics Zsoltnak** és **Dr. Donkó Tamásnak**, akik mind szakmailag, mind emberileg támogattak doktori tanulmányaim során. A vizsgálatok lebonyolítása, tervezése és az eredményeink publikálása során nyújtott áldozatos és lelkiismeretes munkájuk példaértékű.

Külön köszönöm **Prof. Dr. Szendrő Zsolt** akadémikus úrnak, **Prof. Dr. Nagy Istvánnak** és **Dr. Gerencsér Zsoltnak**, hogy ötleteikkel, szakmai tudásukkal és tapasztalataikkal nagyban hozzájárultak a vizsgálatok tervezéséhez, megvalósulásához és a kapott eredmények értékeléséhez.

Köszönetemet szeretném kifejezni a Padovai Egyetemen dolgozó kollégáinknak **Prof. Dr. Antonella Dalle Zotténak** és **Dr. Marco Cullerének**, akik lehetőséget biztosítottak a laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére.

Köszönöm **Radnai Istvánnak** és **Biróné Németh Editnek**, hogy szakmai tapasztalatukkal, precíz munkavégzésükkel hozzájárultak a kísérletek lebonyolításához, rengeteget tanultam tőlük.

Köszönettel tartozom a Tan- és Kísérleti Üzem Nyúltelep dolgozóinak az állatok napi gondozása során végzett áldozatos munkájukért: **Savanyó Zsóka**, **Fáth Gyöngyi**, **Nyáriné Andrea**, **Haller László**, **Werner Gyula**.

Megköszönöm egykori PhD hallgató társaimnak a mérések során nyújtott segítségüket: **Dr. Ács Virág**, **Dr. Farkas Tamás Péter**, **Dr. Kacsala László**, **Terhes Katalin**.

Továbbá köszönöm **barátaimnak**, **ismerőseimnek** és azoknak a **jelenlegi kollégáimnak**, akik arra biztattak ne adjam fel.

11. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

11.1. 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

11.2. 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

11.3. Idegen nyelvű konferenciaközlemény, proceeding

Dalle, Zotte A; Szendrő, Zs; Kasza, R; Matics, Zs; Cullere, M rabbit divergent selection for total body fat content: effect on proximate composition and fatty acid profile of meat In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: Q-10, 4 p.

Dalle, Zotte A, Aleman S, Alcalá P, Tasoniero G, Cullere M, Szendrő Zs, Kasza R, Matics Zs. 2017. "Fatty Acid Profile of Four Meat Cuts from Rabbits Divergently Selected for the Total Body Fat Content [A Teljes Test Zsírtartalma Alapján Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása Négy Húsrész Zsír-sav Összetételére]." In 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 53–58.

Kasza, R; Matics, Zs ; Gerencsér, Zs ; Szendrő, Zs ; Nagy, I ; Csóka, Á ; Donkó, T, connection between the Computed Tomography (CT) estimated total body fat content of rabbits at 10 weeks of age and before the first insemination In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: BG-12 , 4 p.

Kasza, R., Dalle Zotte, A., Cullere, M., Donkó, T., Szendrő, Zs., Radnai, I., Nagy, I., Ács, V., Kacsala, L., Gerencsér, Zs. 2017. Effect of divergent selection for total body fat content determined by CT on the carcass traits and fat content of meat cuts of rabbits. Steffen, Hoy (szerk.) 20. Internationale Tagung über Haltung und Krankheiten der Kaninchen, Pelztier und Heimtiere [20th International Symposium on housing and diseases of rabbits, furproviding animals and pet animals] Giessen, Németország: VVB Laufersweiler Verlag, pp. 123-130.

Tasoniero, G, M Cullere, L Serva, Zs Szendrő, R Kasza, Zs Matics, Zotte A Dalle. 2017. "Use of near Infrared Spectroscopy (NIRS) to Discriminate Meat Cuts from Rabbits Divergently Selected for Total Body Fat Content [Közeli Infravörös Spektroszkópia (NIRS) Használata a Teljes Test Zsírtartalma Alapján Két Irányba Szelektált Nyulak Különböző Testrészeiből Származó Húsminták Megkülönböztetésére a Kémiai Jellemzők Alapján]." In 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 59–64.

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: Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, 16-18 June 2016, Qingdao, China, pp. 753-756.

Kasza R, Donkó T, Szendrő Zs, Radnai I, Gerencsér Zs, Kacsala L, Farkas T.P, Matics Zs 2016a. Divergent selection for total body fat content of rabbits: 2. Effect on reproductive performance of rabbit does. In proceedings of the 11th World Rabbit Congress, June 16-18, 2016, Qingdao, China, pp. 55-58.

Kasza R, Donkó T, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, Radnai I, Matics Zs 2016b. Divergent selection for total body fat content of rabbits: 1. Effect on productive performance. Preliminary results. In proceedings of the 11th World Rabbit Congress, June 16-18, 2016, Qingdao, China, pp. 59-62.

Szendrő Zs, Kasza R, Matics Zs, Donkó T, Gerencsér Zs, Radnai I, Cullere M, Dalle Zotte A. 2016. Divergent selection for total body fat content of growing rabbits 3. Effect on carcass traits and fat content of meat. In proceedings of the 11th World Rabbit Congress, June 16-18, 2016, Qingdao, China, pp. 59-62.

Kasza R, Donkó T, Szendrő Zs, Radnai I, Kacsala L, Gerencsér Zs, Matics Zs. 2015. "Effect of Divergent Selection for Total Body Fat Content Determined by Computed Tomography on the Performance of Rabbit Does." In 19. Internationale Tagung Über Haltung Und Krankheiten Der Kaninchen, Pelztier Und Heimtiere [19th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals], 121–127.

11.4. Magyar nyelvű konferenciaközlemény, proceeding

Kasza R, Matics Zs, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, Nagy I, Donkó T. 2019. "A 10 Hetes Korban És a Tenyésztésbevitel Előtt Becsült Teljes Testzsír - Tartalom Kapcsolatának Vizsgálata Házinyúlön." In 31. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [31st Hungarian Conference on Rabbit Production], 57–61.

Kasza R, Donkó T, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, Radnai I, Cullere M, Zotte Dalle A, Terhes K, Matics Zs. 2018. "A Pannon Ka Fajta És Testzsír-Tartalom Alapján Két Irányba Szelektált Vonalai Termelési És Vágási Tulajdonságainak Vizsgálata [Productive Performance and Carcass Traits of Pannon Ka Breed and Its Divergently Selected Lines for Total Body Fat Content]." In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 75–79.

Kasza R, Donkó T, Szendrő Zs, Radnai I, Gerencsér Zs, Cullere M, Dalle Zotte A, Kacsala L., Nagy I., Ács V., Matics Zs. 2017. "A Teljes Test CT-Vel Becsült Zsírtartalmára Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása Az Anyanyulak Termelésére [Effect of Divergent Selection for Total Body Fat Content Determined by CT on Reproductive Performance of Rabbit Does]." In 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 47–52.

Kasza R, T Donkó, Zs Gerencsér, Zs Szendrő, I Nagy, V Ács, L Kacsala, Radnai I., Cullere M., Dalle Zotte A., Matics Zs. 2017. "A Teljes Test Zsírtartalmára Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása a Növendéknyulak Termelési És Vágási Tulajdonságaira [Effect of Divergent Selection for Total Body Fat Content on Production Performance and Carcass Traits of Growing Rabbits]." In 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 41–46.

Kasza R, Szendrő Zs, Matics Zs, Donkó T, Gerencsér Zs, Radnai I, Kacsala L, Farkas T P, Cullere M, Dalle Zotte A. 2016. "A Teljes Test Zsírtartalmára Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása a Növendéknyulak Vágási Tulajdonságaira." In 28. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 61–64.

Kasza R, Donkó T, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, Kacsala L, Radnai I, Szűcs L L, Matics Zs. 2016. "A Teljes Test Zsírtartalmára Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása a Növendéknyulak Termelésére." In 28. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 57–60.

Kasza R, Donkó T, Szendrő Zs, Radnai I, Gerencsér Zs, Kacsala L, Farkas T P, Szöllősi M, Matics Zs. 2016. "A Teljes Test Zsírtartalmára Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása Az Anyanyulak Termelésére." In 28. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 51–55.

Donkó, T, B Czakó, I Nagy, Gy Kovács, Ö Petneházy, P G Szabó, R Kasza, Zs Szendrő, R Garamvölgyi, Zs Matics. 2016. "Nyulak Teljes Test Zsír Térfogatának Becslése Computer Tomográffal." In 28. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 45–49.

Kasza R, Donkó T, Szendrő Zs, Radnai I, Kacsala L, Gerencsér Zs, Szabó P G, Matics Zs. 2015. "A Teljest Test Zsírtartalmára Folytatott Kétirányú Szelekció Hatása Az Anyanyulak Termelésére." In 27. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 59–62.

11.5. Idegen nyelvű konferenciaközlemény, abstract

Kasza, R, Matics Zs, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, Nagy I, Donkó T. 2019. “Investigation of the Connection between the CT Estimated Total Body Fat Content of Rabbits at 10 Weeks of Age and before the First Insemination.” In ASD 2019 – Book of Abstracts International Symposium - 27th Animal Science Days, 36–36.

12. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜLI PUBLIKÁCIÓK

- Szabó Cs., Ortega A. D. S. V., Lugata J., K., Kasza R., Czakó G., Gaál B., Ducza L., Czeglédi L., Csernus B. Effects of different supplements in diets for primiparous sows on piglets' intestinal morphology In: Fürst-Waltl, Birgit, Burn, Sarah-Joe, Sölkner, Johann, Zollitsch, Werner G (szerk.) 32nd International Symposium. Animal Science Days Wien, Ausztria : Universität für Bodenkultur Wien (2024) 88 p. p. 30
- Cullere, M , Szendrő, Zs , Kasza, R , Gerencsér, Zs , Dalle, Zotte A Impact of heat stress on the meat quality of rabbits divergently selected for total body fat content In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: Q-09 , 4 p.
- Gerencsér, Zs , Kasza, R , Radnai, I , Matics, Zs , Dalle, Zotte A , Cullere, M , Szendrő, Zs Effects of hair shearing on production performance and carcass traits of growing rabbits in high ambient temperature In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: F-03 , 4 p.
- Gerencsér, Zs , Farkas, T P , Nagy, I , Odermatt, M , Radnai, I , Kasza, R , Matics, Zs , Szendrő, Zs Location preference of rabbit does in a pen system combining group and individual housing In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: E-05 , 4 p.
- Gerencsér, Zs, Dencs, V S, Kasza, R , Matics, Zs A különböző életkorokban alkalmazott magas környezeti hőmérséklet hatásának vizsgálata növendéknyulakon In: Gerencsér, Zsolt (szerk.) 32. Nyúltenyésztési Tudományos Nap Kaposvár, Magyarország : Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus (2021) 71 p. pp. 49-54. , 6 p.
- Kasza, R , Szendrő, Zs , Donkó, T , Nagy, I , Gerencsér, Zs , Radnai, I , Dalle, Zotte A , Cullere, M , Matics, Zs Effects of different environmental temperatures on the reproductive performance of rabbit does divergently selected for total body fat content In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: R-12 , 4 p.

- Matics, Z. , Gerencsér, Z. , Kasza, R. , Terhes, K. , Nagy, I. , Radnai, I. , Zotte, A.D. , Cullere, M. , Szendrő, Z. Effect of ambient temperature on the productive and carcass traits of growing rabbits divergently selected for body fat content ANIMAL: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ANIMAL BIOSCIENCES 15 : 2 Paper: 100096 , 5 p. (2021)
- Matics, Zs , Szendrő, Zs , Dalle, Zotte A , Cullere, M , Radnai, I , Kasza, R , Gerencsér, Zs Production performance and carcass traits of three rabbit breeds reared at different temperatures In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: Q-17 , 4 p.
- Matics, Zs , Szendrő, Zs , Kasza, R , Radnai, I , Ács, V , Dalle, Zotte A , Cullere, M , Singh, Y , Gerencsér, Zs Effect of silkworm (*bombyx mori*) oil dietary inclusion on live performance and carcass traits of growing rabbits In: 12th World Rabbit Congress (2021) Paper: N-29 , 4 p.
- Matics, Zsolt , Szendrő, Zsolt , Kasza, Rozália , Radnai, István , Nagy, István , Gerencsér, Zsolt Magas környezeti hőmérséklet hatásának vizsgálata a házinyúlön In: Holló, Gabriella , Pekár, Anita (szerk.) Éghajlatváltozás az agráriumban : Kihívások és megoldások Pécs, Magyarország, Kaposvár, Magyarország : MTA Pécsi Területi Bizottság, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus (2021) 128 p. pp. 75-79. , 5 p.
- Zsolt, Matics , György, Kovács , Ádám, Csóka , Virág, Ács , Rozália, Kasza , Örs, Petneházy , István, Nagy , Rita, Garamvölgyi , Zsolt, Petrás , Tamás, Donkó Automated Estimation Of Loin Muscle Mass In Living Rabbits Using Computed Tomography Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis 68 : 1 pp. 63-72. , 66 p. (2020)
- Matics, Zs , Kasza, R , Gerencsér, Zs , Radnai, I , Dalle, Zotte A , Cullere, M , Szendrő, Zs Effect of hair shearing on live performance and carcass traits of growing rabbits under hot ambient temperature World Rabbit Science 28 : 3 pp. 161-167. , 7 p. (2020)

- Matics Zs, Kovács Gy, Csóka Á, Ács V, Kasza R, Petneházy Ö, Nagy I, Garamvölgyi R, Petrási Z, Donkó T. 2020. Automated estimation of loin muscle mass in living rabbits using computed tomography. *ACTA UNIVERSITATIS AGRICULTURAE ET SILVICULTURAE MENDELIANAE BRUNENSIS* 68 (1): 63–72. doi:10.11118/actaun202068010063.
- Kacsala L, Szendrő Zs, Gerencsér Zs, Radnai I, Kovács M, Kasza R, Nagy I, Odermatt M, Atkári T, Matics Zs. 2018. “Early Solid Additional Feeding of Suckling Rabbits from 3 to 15 Days of Age.” *ANIMAL: THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ANIMAL BIOSCIENCES* 12 (1): 28–33. doi:10.1017/S1751731117001367.
- Gerencsér Zs, Farkas T P, Szendrő Zs, Nagy I, Odermatt M, Radnai I, Kacsala L, Kasza R, Savanyó Zs, Matics. 2018 Zs. “Egyedi Elhelyezéssel Kombinált Csoportos Tartás Hatása Az Anyanyulak Termelésére, Helyválasztására És Viselkedésére.” In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 107–115.
- Kacsala L, Szendrő Zs, Radnai I, Gerencsér Zs, Ács V, Terhes K, Andrásyné Baka G, Kasza R, Odermatt M, Matics Zs. 2018. “Milk powder based solid additional feeding of suckling rabbit kits in early age.” *WORLD RABBIT SCIENCE* 26 (2): 195–195.
- Kacsala L, Tóth T, Kasza R, Ács V, Gerencsér Zs, Matics Zs. 2018. “Különböző Drench Oldatok Anyanyulak Termelésére Gyakorolt Hatásának Vizsgálata [Effect of Providing Different Drench Solutions on Lactating Does and Suckling Kits].” In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 117–120.
- Terhes, K, Zs Matics, Zs Gerencsér, I Radnai, R Kasza, Z A Dalle, M Cullere, Zs Szendrő. 2019. “A Környezeti Hőmérséklet És a Takarmánykorlátozás Hatása a Növendéknyulak Termelési És Vágási Tulajdonságaira.” In 31. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [31st Hungarian Conference on Rabbit Production], 51–56.

- Terhes, K, Zs Szendrő, Zs Matics, I Radnai, R Kasza, Z A Dalle, M Cullere, Zs Gerencsér. 2019. “Különböző Genotípusú Növendéknyulak Termelési És Vágási Tulajdonságainak Vizsgálata Eltérő Környezeti Hőmérsékleten.” In 31. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [31st Hungarian Conference on Rabbit Production], 45–50.
- Terhes, K, Zs Gerencsér, Zs Szendrő, I Nagy, I Radnai, R Kasza, Zs Matics. 2018a. “Az Ivóvíz-Temperálás Hatásának Vizsgálata Melegben Tartott Növendéknyulak Termelésére [Effect of Cool Water at High Ambient Temperature on the Production Performance of Growing Rabbits].” In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 101–106.
- Terhes, K, Zs Gerencsér, Zs Szendrő, I Nagy, I Radnai, R Kasza, Zs Matics. 2018b. “Az Ivóvíz-Temperálás Hatásának Vizsgálata Melegben Tartott Anyanyulak Termelésére [Effect of Cool Water at High Ambient Temperature on Reproductive Performance of Rabbit Does].” In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 95–100.
- Terhes, K, Zs Gerencsér, Zs Szendrő, I Nagy, I Radnai, R Kasza, Zotte A Dalle, M Cullere, Zs Matics. 2018. “Eltérő Környezeti Hőmérséklet Hatásának Vizsgálata Alacsony És Magas Testzsírtartalomra Szelektált Növendéknyulakon [Effect of Heat Stress and Divergent Selection for Total Body Fat Content on the Production Performance of Growing Rabbits].” In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 89–93.
- Terhes, K, R Kasza, T Donkó, Zs Szendrő, I Radnai, Zs Gerencsér, F Hatvani, Zs Matics. 2018. “Eltérő Környezeti Hőmérséklet Hatásának Vizsgálata Alacsony Ill. Magas Testzsírtartalomra Szelektált Anyanyulakon [Effect of Different Environmental Temperatures on the Reproductive Performance of Rabbit Does Divergently Selected for Total Body Fat Content].” In 30. Nyúltenyésztési Tudományos Nap [30th Hungarian Conference on Rabbit Production], 81–88.
- Szendrő Zs., Terhes K., Kasza R. Gerencsér Zs. 2018. “A Hőmérséklet Hatása a Nyúl Termelésére.” KISTERMELŐK LAPJA 62 (9): 24–25.

- Kacsala L, Szendrő Zs, Radnai I, Gerencsér Zs, Ács V, Terhes K, Andrásyné Baka G, Kasza R, Odermatt M, Matics Zs. 2017. “Szopósnyulak Tejpor Alapú Szilárd Kiegészítő Takarmányozása Korai Életszakaszban [Milk Powder Based Solid Additional Feeding of Suckling Rabbit Kits in Early Age].” In 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 81–84.
- Farkas T P, Szendrő Zs, Matics Zs, Nagy I, Odermatt M, Radnai I, Kacsala L, Kasza R, Jakab M, Gerencsér Zs. 2017. “Csoportosan Tartott Anyanyulak Helyválasztása És Viselkedése Közös Teret És Egyedi Ketrecrecszeket Tartalmazó Fülkében [Location and Behaviour of Group Housed Rabbit Does in Pens Included Common Area and Individual Cages (Preliminary Result)].” In 29. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 71–80.
- Kacsala L, Szendrő Zs, Kasza R, Terhes K, Gerencsér Zs, Radnai I, Ács V, Matics Zs. 2017. “Milk Powder Based Supplementary Feeding of Suckling Rabbits.” In 20. Internationale Tagung Über Haltung Und Krankheiten Der Kaninchen, Pelztier Und Heimtiere [20th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals], 116–122.
- Kacsala L, Kasza R, Terhes K, Gerencsér Zs, Radnai I, Ács V, Matics Zs. 2017. “Nursing Behaviour of Rabbit Does Which Were Nursed Once or Twice a Day.” In 20. Internationale Tagung Über Haltung Und Krankheiten Der Kaninchen, Pelztier Und Heimtiere [20th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals], 72–77.
- Matics Zs, Szendrő Zs, Radnai I, Farkas T P, Kasza R, Kacsala L, Nagy I, Szabó R T, Terhes K, Gerencsér Zs. 2017. “ANIHWA - Experimental Results at Kaposvár University.” In 20. Internationale Tagung Über Haltung Und Krankheiten Der Kaninchen, Pelztier Und Heimtiere [20th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals], 27–36.
- Kacsala L, Szendrő Zs, Gerencsér Zs, Radnai I, Kasza R, Odermatt M, Matics Zs. 2016a. “ADDITIONAL SOLID FEED FOR SUCKLING KITS - EFFECT OF THYME SUPPLEMENTATION.” In Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, 285–288.

- Kacsala L, Matics Zs, Kasza R, Gerencsér Zs, Szendrő Zs. 2015. “Study on Nutrient Supply of Rabbit Kits.” In 19. Internationale Tagung Über Haltung Und Krankheiten Der Kaninchen, Pelztier Und Heimtiere [19th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals], 153–159.
- Kacsala L, Matics Zs, Kasza R, Gerencsér Zs, Szendrő Zs. 2015. “A Szopósnyulak Táplálóanyag Ellátása.” In 27. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, 47–52.
- Kacsala L, Matics Zs, Kasza R, Gerencsér Zs, Szendrő Zs. 2015. “MILK SUPPLY OF RABBIT KITS.” POLJOPRIVREDA (OSIJEK) 21 (Supplement 1): 90–92. doi:10.18047/poljo.21.1.sup.20.
- Matics Zs, Szendrő Zs, Radnai I, Kasza R, Gerencsér Zs. 2015. “Effect of Different Light Intensities on Reproductive Performance, Nursing Behaviour and Preference of Rabbit Does.” In 19. Internationale Tagung Über Haltung Und Krankheiten Der Kaninchen, Pelztier Und Heimtiere [19th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals], 83–89.

M1 IRODALOMJEGYZÉK

178/2009. (XII. 29.) FVM rendelet a mezőgazdasági haszonállatok tartásának állatvédelmi szabályairól szóló 32/1999. (III. 31.) FVM rendelet módosításáról

Arias-Álvarez, M., García-García R.M., Torres-Rovira L., González-Bulnes A., Rebollar P.G., Lorenzo P.L. (2010) Influence Of Leptin On In Vitro Maturation And Steroidogenic Secretion Of Cumulus–Oocyte Complexes Through JAK2/STAT3 Andmek1/2pathways In The Rabbit Model. *Reproduction* 139: 523-532. p.

Al-Saef A.M., Khalil M.H., Al-Dobaib S.N., Al-Homidan A.H., García M.L., Baselga M. (2008) Comparing Saudi Synthetic Lines Of Rabbits With The Founder Breeds For Carcass, Lean Composition And Meat Quality Traits. *Livestock Research for Rural Development* 20, 1-12. p.

Baéza E., Gondret F., Chartrin P., Le Bihan-Duval E., Berri C., Gabriel I., Narcy A., Lessire M., Métayer-Coustard S., Collin A., Jégou M., Lagarrigue S., Duclos M.J. (2015) The Ability Of Genetically Lean Or Fat Slow-Growing Chickens To Synthesize And Store Lipids Is Not Altered By The Dietary Energy Source. *Animal*, 9 1643-1652. p.

Baéza E And Le Bihan-Duval E. (2013) Chicken Lines Divergent For Low Or High Abdominal Fat Deposition: A Relevant Model To Study The Regulation Of Energy Metabolism. *Animal* 7, 965-973.

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.

Biró-Németh E., Szendrő Zs. (1990) A különböző létszámú almokban nevelkedett anyanyulak termelése 2. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, 47-51.

Blasco A And Ouhayoun J. (1996). Harmonization Of Criteria And Terminology In Rabbit Meat Research. Revised Proposal. *World Rabbit Science* 4, 93–99.

Blasco, A.; Nagy, I.; Hernández, P. (2018) Genetics of growth, carcass and meat quality in rabbits. *Meat Science* 145, 178–185.

- Blasco A., Piles M., Varona L. (2003) A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits *Genetics Selection Evolution*, 35, 21–41.
- Bonnano, A., Mazza F., Di Grigoli A., Alicata M.L. (2005) Assessment Of A Method For Evaluating The Body Condition Of Lactating Rabbit Does: Preliminary Results. *Italian Journal Of Animal Science* 4, (2) 560.
- Brecchia G, Bonanno A, Galeati G, Federici C, Maranesi M, Gobbetti A, Zerani M, Boiti C. (2006) Hormonal and metabolic adaptation to fasting: effects on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and reproductive performance of rabbit does. *Domestic Animal Endocrinology* 31(2)105-22.
- Bünger, L, Forsting, J, McDonald, KL, Horvat, S, Duncan, J, Hochscheid, S, Baile, CA, Hill, WG & Speakman, JR (2002) Long-term divergent selection on body fatness in mice indicates a regulation system that is independent of leptin production and reception, *The FASEB Journal*, 16, 85. p.
- Cahaner A, Nitsan Z And Nir I. (1986) Weight And Fat Content Of Adipose And Nonadipose Tissues In Broilers Selected For Or Against Abdominal Adipose Tissue. *Poultry Science* 65, 215-222.
- Candek-Potokar, M., G. Monin, And B. Zlender (2002) Pork quality, processing, and sensory characteristics of dry-cured hams as influenced by Duroc crossing and sex. *Journal of Animal Science*. 80:988–996.
- Cardinali R., Dal Bosco A., Bonanno A., Di Grigoli A., Rebollar P.G., Lorenzo P.L., Castellini C. (2008) Connection Between Body Condition Score, Chemical Characteristics Of Body And Reproductive Traits Of Rabbit Does. *Livestock Science* 116 209-215.
- Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R. (2006) Long Term Effect Of Post-Weaning Rhythm On The Body Fat And Performance Of Rabbit Doe. *Reproduction Nutrition Development* 46 (2) 195-204.
- Chapelot D., Aubert R., Marmonnier C., Chabert M., Louis-Sylvestre J. (2000) Cross-correlation between plasma leptin and biological parameters involved in the spontaneous intermeal interval. *International Journal of Obesity*, 24 (Suppl 2), S129-S130,

- Chilliard, Y., Bocquier, F., Delavaud, C., Faulconnier, Y., Bonnet, M., Guerre-Millo, M., Martin, P. (1999). La leptine chez le ruminant. Facteurs de variation physiologiques et nutritionnels. *INRAE Productions Animales*, 12(3), 225–237.
- Considine R. V., (1997) Weight regulation, leptin and growth hormone. *Hormone Research*, 48, 116-121.
- Dal Bosco A, Castellini C, Mugnai C. (2003) Evaluation Of Body Condition In Pregnant Rabbit Does By Ultrasound Scanner. *Italian Journal Of Animal Science* 2, (1) 480-482.
- Dalle Zotte A, Szendrő Zs. (2011) The Role Of Rabbit Meat As Functional Food. *Meat Science* 88. 319-331.
- de la Fuente, L.F.; Rosell, J.M. (2012) Body weight and body condition of breeding rabbits in commercial units. *Journal of Animal Science*, 90, 3252–3258.
- 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
- EC 2010. Directive 2010/63/EU Of The European Parliament And Of The Council Of 22 September 2010 On The Protection Of Animals Used For Scientific Purposes. Official Journal Of The European Union L276, 33-79.
- Eisen EJ. (1987) Selection For Components Related To Body Composition In Mice: Direct Responses. *Theoretical And Applied Genetics* 74, 793-801.
- Falconer D.S., Mackay T.F.C. (1996) Introduction To Quantitative Genetics. 4th Ed. Longman, London, UK. 1-464.
- Fedorov A., Beichel R., Kalpathy-Cramer J., Finet J., Fillion-Robin J-C., Pujol S., Bauer C., Jennings D., Fennessy F., Sonka M., Buatti J., Aylward S.R., Miller J.V., Pieper S., Kikinis R. (2012) 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn Reson Imaging*. Nov;30(9):1323-41. PMID: 22770690. (<http://www.slicer.org/>)

- Fortun, L., Lebas F. (1994) Influence Of The Number Of Suckling Young And The Feed Level On Foetal Survival And Growth In Rabbit Does. *Annales De Zootechnie, INRA/EDP Sciences* 43, (2) 163-171.
- Fortun, L., Lebas F. (1994) Estimation Of The Energy Balance In Concurrently Pregnant And Lactating Rabbit Does During Their Second Pregnancy. *Proceedings Of Symposium On Animal And Human Nutrition, Comparative Physiology Of Digestion And Metabolism*, 34. 632.
- Fortun-Lamothe L. (2006) Energy Balance And Reproductive Performance In Rabbit Does. *Animal Reproduction Science* 93. 1-15.
- Garreau H., Eady S.J., Hurtaud J., Legarra A. (2008) Genetic Parameters Of Production Traits And Resistance To Digestive Disorders In A Commercial Rabbit Population. In: Xiccato G., Trocino A., Lukefahr S. (Eds.) *Proceedings Of The 9th World Rabbit Congress. Fondazione Iniziative Zooprofilattiche E Zootechniche, Verona, Italy*, Pp. 103-108.
- Garreau H., Larzul C., Tudela F., Ruesche J., Ducrocq V., Fortun-Lamothe L. (2017) Energy Balance And Body Reserves In Rabbit Females Selected For Longevity. *World Rabbit Science* 25, 205-213.
- Géraert P.A., Mac Leod M.G., Leclercq B. (1988) Energy Metabolism In Genetically Fat And Lean Chickens: Diet- And Cold-Induced Thermogenesis. *The Journal of Nutrition* 118, 1232–1239.
- Gerbens, F. (2004) Genetic Control Of Intramuscular Fat Accretion. In: M. F. W. Te Pas, M. E. Everts, H. P. Haagsman, Editors, *Muscle Development Of Livestock Animals*. CAB International. Wallingford, UK. P. 343-361.
- Gilbert M., Hay W.W., Johnson R.L., Battaglia F.C., (1984) Some aspects of maternal metabolism through out pregnancy in the conscious rabbit. *Pediatric Research*, 18, 854-859.
- 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.
- Hernández P., Ariño B., Grimal A., Blasco A., (2006) Comparison of carcass and meat characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate, *Meat Science*, 73, (4) 645-650,
- Hernández P., Cesari V., Blasco A. (2008): Effect of genetic rabbit lines on lipid content, lipolytic activities and fatty acid composition of hind leg meat and perirenal fat. *Meat Science*, 78, 485-491.
- Hernández, P., A. Dalle Zotte (2010): Influence of diet on rabbit meat quality. In: C. de Blas, and J. Wiseman, editors, Nutrition of the rabbit. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. p. 163-178.
- Hernández, P., F. Gondret (2006): Rabbit meat quality and safety. In: L. Maertens and P. Coudert, editors, Recent Advances in Rabbit Sciences. ILVO, Melle, Belgium. p. 267-290
- Hetzer HO, Harvey WR. (1967) Selection For High And Low Fatness In Swine. *Journal Of Animal Science* 26, 1244-1251.
- Houseknecht, K. L. and Spurlock, M. (2003) Leptin regulation of lipid homeostasis: dietary and metabolic implications. *Nutrition Research Reviews* 16, 83–96.
- IRRG (International Rabbit Reproduction Group) (2005) Recommendations And Guidelines For Applied Reproduction Trials With Rabbit Does. *World Rabbit Science*, 13. 147-164.
- Kamphues, J. (1985): Untersuchungen zum Energie- und Nährstoffbedarf gravider Kaninchen. *Zuchtungskunde*, 57: 3, 207-222p
- Koohmaraie M, Seideman SC And Crouse JD. (1988) Effect Of Subcutaneous Fat And High Temperature Conditioning On Bovine Meat Tenderness. *Meat Science* 23, 99-109.
- 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
- Kövér, Gy., Szendrő, Zs. Romvári, R., Jensen, J.F., Sorensen, P., Milisits, G. (1998) In Vivo Measurement Of Body Parts And Fat Deposition In Rabbits By MRI. *World Rabbit Science* 6 (2) 231-235.
- Leclercq B., (1989) Growth Characteristics And Lipid Distribution In Two Lines Of Chicken Selected For Low Or High Abdominal Fat. *Genetics Selection Evolution*, 21, 69-80.
- Marshall, D. M. (1999) Genetics of Meat Quality. In: R. Fries and A. Ruvinsky, editors, *The genetics of cattle*. CAB International. New York, USA. p. 605-636.
- Martínez-Álvaro M, Hernández P, Agha S, Blasco A. (2018) Correlated Responses To Selection For Intramuscular Fat In Several Muscles In Rabbits. *Meat Science* 139, 187-191.
- Martínez-Álvaro M, Hernández P, Blasco A. (2016) Divergent Selection On Intramuscular Fat In Rabbits: Responses To Selection And Genetic Parameters. *Journal of Animal Science* 94. 4993-5003.
- Martinez V, Bäunger L, Hill WG. (2000) Analysis Of Response To 20 Generations Of Selection For Body Composition In Mice: Fit To Infinitesimal Model Assumptions. *Genetics Selection Evolution* 32, 3-21.
- Martínez Paredes E. (2008) Efecto de diferentes modelos de alimentación para cría y gestación de conejas nulíparas sobre su vida productiva. Master Thesis. Master in Animal Production. Universidad Politécnica de Valencia. Spain, 14 pp.
- 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.

- Milisits G., Lévai A. (2004) A TOBEC Módszerrel Eltérő Szervezeti Zsírtartalomra Szelektált Nővendéknyulak Néhány Vágási Tulajdonságának Összehasonlító Vizsgálata, *16. Nyúltenyésztési Tudományos Nap*, Kaposvár 113-118.
- Milisits G., Romvári R., Dalle Zotte A., Szendrő Zs. (1999) Non-Invasive Study Of Changes In Body Composition In Rabbits During Pregnancy Using X-Ray Computerized Tomography. *Annales de Zootechnie*. 48, 25-34.
- Milisits G, Romvári R, Szendrő Zs, Lévai A, Gyarmati T. (1998) In vivo estimation of changes in body composition of rabbit does during pregnancy using TOBEC method. *Zbornik Biotehniske Fakultete Univerze V Ljubljani-Kmetijstvo*, 30: 179-182.
- Milisits, G, Szendrő Zs, Mihálovics Gy, Biró-Németh E, Radnai I., Lévai A. (2000) Use Of The TOBEC Method For Predicting The Body Composition Of Growing Rabbits. In *Proc. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain* 637-642.
- Nagy I., Ibañez N., Mekki W., Metzger Sz., Horn P., Szendrő Zs. (2006) Genetic Parameters Of Growth And In Vivo Computerized Tomography Based Carcass Traits In Pannon White Rabbits. *Livestock Science* 104, 46-52.
- Oftedal, O. T. (2000) Use Of Maternal Reserves As A Lactation Strategy In Large Mammals *Proceedings Of The Nutrition Society* 59 (1) 99-106.
- Parigi Bini, R. (1988) Recent developments and future goals in research on nutrition of intensively reared rabbits. In: *Proceedings of the 4th World Rabbit Congress, Budapest, Vol. 3. Sandor Holdas, Hercegalom, Budapest, Hungary*, pp. 1–29.
- Parigi Bini, R., Xiccato, G. and Cinetto, M. (1990) Energy and protein retention and partition in pregnant and non-pregnant rabbit does during the first pregnancy. *Cuni-science* 6, 19–29
- Pascual, J.J. (2010) The Role Of Body Condition On New Feeding And Breeding Programmes For Reproductive Rabbit Does. *22. Nyúltenyésztési Tudományos Nap. Kaposvár*, 11-32.

- Pascual, JJ, Blanco J, Piquer O, Quevedo F, Cervera C. (2004) Ultrasound Measurements Of Perirenal Fat Thickness To Estimate The Body Condition Of Reproducing Rabbit Does In Different Physiological States. *World Rabbit Science* 12 (1) 7-22.
- Pascual, JJ, Castella F, Cervera C, Blas E, Fernández-Carmona J. (2000) The Use Of Ultrasound Measurement Of Perirenal Fat Thickness To Estimate Changes In Body Condition Of Young Female Rabbits. *Animal Science* 70 (3) 435-442.
- Pascual J.J., Cervera C., Baselga M. (2012) Genetic selection and nutritive resources allocation in reproductive rabbit does, *Proc. 10th World Rabbit Congress, Sharm El Sheikh, Egypt* 247-271.
- Pascual, J.J., Xiccato, G., Fortun-Lamothe, L. (2006) Strategies for doe's corporal condition improvement –relationships with litter viability and career length. In: Maertens, L. and Coudert, P. (eds) *Recent Advances in Rabbit Science*. ILVO, Melle, Belgium, pp. 247–258.
- Pla, M., Hernández, P., Blasco, A. (1996) Carcass composition and meat characteristics of two rabbit breeds of different degrees of maturity. *Meat Science*, 44: 85-92.
- Pla M, Pascual M And Ariño B. (2004) Protein, Fat And Moisture Content Of Retail Cuts Of Rabbit Meat Evaluated With The NIRS Methodology. *World Rabbit Science* 12, 149-158.
- Pla M., Piles M., Valdevira J.J. (1997): Peso adulto y dimorfismo sexual de dos líneas sintéticas de conejo *Información Técnica Económica Agraria*, 18, 342–344.
- Poigner, J, Szenrő Zs., Lévai A., Biró.Németh E., Radnai I. (2000) Weight Of New-Born Rabbits In Relation To Their Number And Position Within The Uterus In Unilaterally Ovariectomised Does. *World Rabbit Science* 8 (8) 231-237.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Costa C., Pascual J.J. (2005) Effect Of Selection For Litter Size And Feeding Programme On The Performance Of Young Rabbit Females During Rearing And First Pregnancy. *Animal Science* 80 161-168.

- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J. (2006a): Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does. 1. Pregnancy of multiparous does. *Animal Science* 82, 739-750.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J. (2006b): Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does. 2. Lactation and growing period. *Animal Science* 82, 751-762.
- 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/>
- Rabot C., Rousseau F., Dumont J. P., Remignon H., Gandemer G. (1996) Poulets de chair : Effets respectifs de l'âge et du poids d'abattage sur les caractéristiques lipidiques et sensorielles des muscles. *Viandes et Produits Carnés*, 17(1), 17-22.
- Realini, C.E.; Pavan, E.; Johnson, P.L.; Font-i-Furnols, M.; Jacob, N.; Agnew, M.; Craigie, C.E.; Moon, C.D. (2021) Consumer liking of M. longissimus lumborum from New Zealand pasture-finished lamb is influenced by intramuscular fat. *Meat Science*, 173, 108380.
- Rommers, J.M., Kemp B., Meijerhof R., Noordhuizen J.P.T.M. (2001) Effect Of Litter Size Before Weaning On Subsequent Body Developement, Feed Intake And Reproductive Performance Of Young Rabbit Does. *Journal of Animal Science* 79 1973-1982.
- Rommers J.M., Meijerhof R., Noordhuizen J.P.T.M., Kemp B. (2002) Relationships between body weight at first mating and subsequent body development, feed intake and reproductive performance of rabbit does. *Journal of Animal Science*, 80, 2036-2042.
- Rommers J.M., Meijerhof R., Noordhuizen J.P.T.M., Kemp B. (2004) Effect of feeding program during rearing and age at first insemination on performances during subsequent reproduction in young rabbit does. *Reproduction Nutrition Development* 44, 321-332.

- 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.
- Romvári, R., Szendrő, Z. S., Fris Jensen, J., Sørensen, P., Milisits, G., Bogner, P., Horn, P., Csapó, J. (1998). Noninvasive measurement of body composition of two rabbit populations between 6 and 16 weeks of age by computer tomography. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 115, 383-395.
- Rosell J.M., De La Fuente L.F. (2009) Culling And Mortality In Breeding Rabbits. *Preventive Veterinary Medicine*, 88, 120-127.
- Rouvier R. (1970) Variabilité Génétique Du Rendement A L'abattage Et De La Composition Anatomique De Lapins De Trois Races. *Annales de Genetic et de Selection Animale* 2, 325-346.
- SAS Version 9.4. 2014. SAS Institute Inc; Cary, NC
- Sánchez, J.P., Baselga M., Ducrocq V. (2006) Genetic And Enviromental Correlations Between Longevity And Litter Size In Rabbits. *Journal Of Animal Breeding Genetics* 123 180-185.
- Saap, R. L., Bertrand J. K., Pringle T. D., Wilson D. E. (2002) Effect of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass traits of progeny. *Journal of Animal Science*. 80:2017-2022.
- Savietto D., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Esteve J.M., Villalba C., Fabre C., Blas E., Cervera C., Pascual J.J. (2010) Effect of birth weight and rearing diet on the development and reproduction of rabbit does. Proc. XXXV Symposium de Cunicultura, Segovia, Spain, pp. 5.
- Schwab, C. R., Baas T. J., Stalder K. J., Nettleton D. (2009) Results from six generations of selection for intramuscular fat in Duroc swine using real-time ultrasound. I. Direct and correlated phenotypic responses to selection. *Journal of Animal Science*. 87:2774-2780.
- Sellier, P. (1998): Genetics of meat and carcass traits. In: M. F. Rothschild and A. Ruvinsky, editors, *The Genetics of the Pig*. CAB International, New York, USA. p. 463-510.

- Sellier, P., Maignel L., Bidanel P. (2010) Genetic parameters for tissue and fatty acid composition of backfat, perirenal fat and longissimus muscle in Large White and Landrace pigs. *Animal*. 4:497-504.
- Shemeis A., Abdallah O.Y. (2000) Possibilities Of Developing Favourable Body Fat Partition Via Selection Indexes – Application On Rabbits. *Archives Animal Breeding*. 43, 193–202.
- Smith, G.D., Jackson L.M., Foster D.L. (2002) Leptin Regulation Of Reproductive Function And Fertility. *Theriogenology* 57 73–86.
- Solanes, F. X., Reixach J., Tor M., Tibau J., Estany J. (2009) Genetic correlations and expected response for intramuscular fat content in a Duroc pig line. *Livestock Science*. 123, 63-69.
- Sosa-Madrid, B.S.; Varona, L.; Blasco, A.; Hernández, P.; Casto-Rebollo, C.; Ibáñez-Escriche, N. (2020) The effect of divergent selection for intramuscular fat on the domestic rabbit genome. *Animal*, 14, 2225–2235.
- Suzuki, K., Irie M., Kadowaki H., Shibata T., Kumagai M., Nishida A. (2005) Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intramuscular fat content. *Journal of Animal Science*. 83:2058-2065.
- 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 Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani (Slovenia) | Supplement – Kmetijstvo* pp. 125-130
- Szendrő Zs., Gyarmati T., Maertens L., Biró-Németh E., Radnai I., Milisits G., Matics Zs. (2002) Effect of nursing by two does on the performance of suckling and growing rabbits. *Animal Science*, 74, 117-125.
- Szendrő Zs., Gyovai M., Maertens L., Biró-Németh E., Radnai I., Matics Zs., Princz Z., Gerencsér Zs., Horn P. (2006) Influence of birth weight and nutrient supply before and after weaning on the performance of rabbit does to age of the first mating. *Livestock Science*, 103, 54-64.

- Szendrő Zs., Kustos K., Gerencsér Zs., Matics Zs., Biróné Németh E., Radnai I., Nagy I. (2010) Az első fialás utáni újratermékenyítés időpontjának hatása az anyanyulak termelésére, 22. Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, 59-63.
- Szendrő Zs., Metzger Sz., Nagy I., Szabó A., Petrási Zs., Donkó T., Horn P. (2012) Effect Of Divergent Selection For The Computer Tomography Measured Thigh Muscle Volume On Productive And Carcass Traits Of Growing Rabbits. *Livestock Science* 149, 167-172.
- Theilgaard P, Baselga M, Blas E, N. Friggen NC, Cervera C And Pascual JJ. (2009) Differences In Productive Robustness In Rabbits Selected For Reproductive Longevity Or Litter Size. *Animal* 3, 637-646.
- Theilgaard P., Sánchez JP, Pascual JJ, Friggens NC, Baselga M. (2006) Effect Of Body Fatness And Selection For Prolificacy On Survival Of Rabbit Does Assessed Using A Cryopreserved Control Population. *Livestock Science* 103, (1) 65-73.
- Theilgaard P., Sanchez J.P., Pascual J.J., Berg P., Friggens N.C., Baselga M. (2007) Late Reproductive Senescence In A Rabbit Line Hyper Selected For Reproductive Longevity, And Its Association With Body Reserves. *Genetics Selection Evolution*, 39, 207-223.
- Trudel, G., Ryan, S. E., Rakhra, K., Uthoff, H. K. (2010): Extra- and intramuscular fat accumulation early after rabbit supraspinatus tendon division: Depiction with CT. *Radiology*, 255. 434-441.
- Vester-Christensen, M., Erbou, S. G. H., Hansen, M. F., Olsen, E. V., Christensen, L. B., Hviid, M., Ersbøll, B. K., Larsen, R. (2009): Virtual dissection of pig carcasses. *Meat Science* 81. 699-704.
- Van Milgen J, Noblet J. (2003) Partitioning Of Energy Intake To Heat, Protein, And Fat In Growing Pigs. *Journal Of Animal Science*. 81 (2), 86–93.
- Wickham H (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4, <https://ggplot2.tidyverse.org>.

- Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, And F. M. Whittington (2008) Fat Deposition, Fatty Acid Composition And Meat Quality: A Review. *Meat Science*. 78, 343–358.
- Whittemore CT. (1980) The Use Of A Computer Model In Determining The Nutrient Requirement Of Pigs. *Proceedings Of The Nutrition Society* 39, 205-211.
- Williams G.L., Amstalden M., Garcia M.R., Stanko R.L., Nizielski S.E., Morrison C.D., Keisler D.H., (2002) Leptin and its central role in the regulation of reproduction in cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 23, 339-349.
- Xiccato G. (1996) Nutrition Of Lactating Does. In: Proceedings Of 6th World Rabbit Congress, 9-12 July, 1996. Toulouse, France, 1, Pp. 29- 47.
- Xiccato, G, Trocino A., Sartori A, Quaeque PI. (2004) Effect Of Parity Order And Litter Weaning Age On The Performance And Body Energy Balance Of Rabbit Does. *Livestock Production Science* 85, (2) 239-251.
- Xiccato, G., Trocino, A., Boiti, C. and Brecchia, G. (2005) Reproductive rhythm and litter weaning age as they affect rabbit doe performance and body energy balance. *Animal Science* 81, 289–296.
- Yonkova P., Dimotrov R., Toneva J., Zaprianova D. (2010) A comparative study of cross sectional anatomy and computed tomography of perirenal fat depots in New Zealand White rabbits. *Trakia Journal of Sciences*., 8 (4) 74-78.
- Zerani M, Boiti, C, Zampini, D, Brecchia, G, Dall’Aglia, C, Ceccarelli, P., Gobbetti, A (2004): Ob receptor in rabbit ovary and leptin in vitro regulation of corpora lutea. *Journal of Endocrinology*, 183 (2) 279-288
- Zhang, Hui H, Sudhesh K, Barnett A.H., Eggo M. C. (1999) Intrinsic Site-Specific Differences In The Expression Of Leptin In Human Adipocytes And Its Autocrine Effects On Glucose Uptake. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism* 84 (7) 2550--2556.
- Zhang H, Wang S-Z, Wang Z-P, Da Y, Wang N, Hu X-X, Zhang Y-D, Wang Y-X, Leng L, Tang Z-Q And Li H. (2012) A Genome-Wide Scan Of Selective Sweeps In Two Broiler Chicken Lines Divergently Selected For Abdominal Fat Content. *BMC Genomics* 13, 704

- Zerehdaran S., Vereijken A.J.L., Van Arendonk J.A.M., Van Der Waaij E.H. (2004) Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers. *Poultry Science*, 83, 521–525
- Zomeño C, Hernandez P And Blasco A. (2013a.) Divergent Selection For Intramuscular Fat Content In Rabbits. I. Direct Response To Selection. *Journal Of Animal Science* 91, 4526-4531.
- Zomeño C, Blasco A And Hernández P. (2013b) Divergent Selection For Intramuscular Fat Content In Rabbits. II. Correlated Responses On Carcass And Meat Quality Traits. *Journal Of Animal Science* 91, 4532-4539.

SZAKMAI ÉLETRAJZ

Kasza Rozália 1989 április 15-én született Siófokon. Középiskolai tanulmányait a tabi Rudnay Gyula Középiskolában végezte, ahol 2007-ben érettségizett, ugyanebben az évben felvételt nyert a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Mezőgazdasági mérnöki (BSc) képzésére. 2010-ben középfokú komplex mezőgazdasági szaknyelvi nyelvvizsgát tett angol nyelvből. Már az alapképzés során bekapcsolódott az akkori Baromfi- és Társállattenyésztési tanszéken folyó kutatásokba. Majd később Állattenyésztő mérnök MSc hallgatóként is folyamatosan, aktívan részt vett a kísérleti munkákban. 2013-ban harmadik helyezést ért el a XXXI. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi szekciójának Állattenyésztés tagozatában. 2014-ben kezdte meg tanulmányait a Kaposvári Egyetem Agrár- és Környezettudományi Karának Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolájában. 2015-től a WRSA magyar tagozatának tagja. 2015-ben és 2017-ben előadást tartott a Cellében megrendezett „International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furbearing Animals and Pet Animals” című konferencián. 2019-ben alapképzésű írásbeli nyelvvizsgát tett francia nyelvből ugyanebben az évben előadást tartott a Prágában megrendezett „International Symposium - 27th Animal Science Days” című konferencián.

2017 – 2020 között technikusként részt vett a Szent István Egyetem Kaposvári Campus nyúltelepén lévő kísérleti állománnyal végzett vizsgálatokban.

2020 december 1-jétől a Claessens-Group Somogyszob kisbarátipusztai sertéstelepén kezdett dolgozni előbb fialásvezetőként majd 2022 január 1-jétől adminisztráció vezetőként. 2024-ben felsőfokú komplex nyelvvizsgát szerzett angol nyelvből.