

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KAPOSVÁRI EGYETEM

ÁLLATTUDOMÁNYI KAR

Nagyállat-tenyésztési és Termelés technológiai Tanszék

A doktori iskola vezetője:

Dr. HORN PÉTER

MTA rendes tagja

Témavezető:

Dr. LENGYEL ATTILA

mezőgazdaság tudományok kandidátusa

ELTÉRŐ TÍPUSÚ JUHOK NÖVEKEDÉSÉNEK MODELLEZÉSE CT ALKALMAZÁSÁVAL

Készítette:

KUPAI TÍMEA

KAPOSVÁR

2007

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A juhtenyésztési kutatások egyik alapvető célja, mint ahogy más termék-előállítás esetén is, a fogyasztói igények minél jobb kielégítése. Jelenleg az egészséges táplálkozásra való törekvés dominanciája figyelhető meg, amelynek része a zsír és a szénhidrátok bevitelének csökkentése. Ezért az állatokat – a fokozott faggyúsodás elkerülése érdekében – az ideális vágósúly eléréséig, tehát az izombeépülés intenzív szakaszának befejeződéséig célszerű hizlalni. Eközben az élősúly gyarapodása is fokozatosan lassul és a nyakalt törzs szöveti eloszlása is változik. A szövetek növekedési görbéje az élősúly növekedéséhez hasonlóan általában szigmoid lefutású (Taylor, 1980). A megfigyelések szerint a testösszetétel felnevelés alatti változása matematikai függvényekkel jól modellezhető. A növekedés vizsgálatok egyik alapvető feltételét, a pontosságot a vágópróba kielégíti, azonban idő- és nyersanyagigényes, mivel szukcesszív vágássorozatra van szükség. Ezzel szemben a CT-felvételek és az ún. növekedési függvények együttes használatával közvetlenül maga a tenyészállat-jelölt növekedése követhető nyomon és vágásérettsége is becsülhető, amely új lehetőségeket biztosít a húsminőségi kutatások számára. A juhok növekedésének részletes matematikai modellezéséről, különösen az *in vivo* vizsgálati eredményekről, mostanáig kevés irodalom áll rendelkezésre.

A disszertáció keretében ezért CT-felvételek alapján végeztem számításaimat két, extrém hústípusú (holland texel és amerikai suffolk), valamint a hazai vágóbárányok zömét kitevő magyar merinó genotípusú bárányokon. Ezen eredményekre alapozott további kutatásokkal a fajra jellemző növekedési görbe lefutásának megváltoztatására irányuló szelekciós lehetőségek megállapíthatóak.

A kísérlet során a következő célkitűzéseket fogalmaztam meg:

- a) azonos anatómiai pontokra eső többszörös képfelvételezési módszer adaptálása juh fajra,

- b) az eltérő növekedési típusok testösszetételének és testtájainak összehasonlítása a növekedés különböző fázisaiban,
- c) szövetek és testtájak növekedésének elemzése allometrikus egyenlettel,
- d) szövetek és testtájak felnevelés alatti változásának modellezése növekedési függvényekkel.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A növekedési modellkísérlethez azonos módon tartott és takarmányozott, különböző genotípusú – amerikai suffolk (n = 10), holland texel (n = 10) és magyar merinó (n = 10) – kosbárányokat vizsgáltam, amelyek a növekedés intenzitásában és tartamában jelentősen különböző fajtacsoportokba sorolhatók be (Veress és mtsai, 1982). A növekedés modellezéséhez 6 alkalommal került sor CT-vizsgálatra: 5-7 kg-os, 15-17 kg-os, 25-27 kg-os, 35-36 kg-os és 43-45 kg-os élősúlyban. A 6. pont (18-21 hónapos korban) a növekedési modellvizsgálat utolsó, ún. aszimptotikus pontjaként szolgál, amely lehetővé teszi a növekedési modellek jó illeszkedését az adatokra.

A CT felvételek a Kaposvári Egyetem Egészségtudományi Centrumában Siemens Somatom Plus 40, valamint Siemens Somatom Expert 4 spirál CT berendezésekkel készültek. A bárányokról sorozatfelvételek készültek a koponyacsont és az első nyakcsigolya ízesülésétől, tehát az atlantooccipitalis ízületől a hátulsó végtag lábtő- és lábközépcsontjai által alkotott tarso-metatarsalis ízületig, vagyis a csánkig. A teljes test vizsgálatához a standardizált 10 mm-es szeletvastagságot alkalmaztam. A felvételsorozatok összehasonlíthatósága érdekében a Romvári (1996) által nyúlra kidolgozott metodikát adaptálva a váll- és csípőízület közti távolságot 30 felvételre osztottam (változó lépéstávolság), ezáltal egy-egy állatról minden egyes mérési súlyban azonos sorszámú felvételek azonos anatómiai pontokra estek. CTPC illetve a MIP értékelő programok alkalmazásával a körülhatárolt területet és

annak szöveti eloszlását a Hounsfield (1980) által leírt denzitási tartományok szerint rögzítettem. A Bonaventura Cavalieri-ről (1598-1647) elnevezett „Cavalieri” módszerrel nyert térfogati adatokat a Fullerton (1981) által közölt sűrűségi értékek alapján számítottam át tömegre.

Az elemzésekhez felhasznált adatok a következők: élősúly, CT felvételek alapján becsült teljes test, CT-vel mért nyakalt törzs, színhús és faggyú, valamint a CT felvételeken anatómiai pontok segítségével elhatárolt hosszú és rövid karajnak, illetve combnak megfelelő területek.

Elsőként az idő tényezőjének kiiktatása érdekében az *allometrikus* növekedést (Huxley, 1932) leíró módszert használtam. Ez a „rész az egészhez” relatív növekedés egyszerű, monofázisos egyenlete, amelynek logaritmizált változatát alkalmaztam a regresszió-analízis során.

$$y = a \cdot x^b,$$

ahol y a szövettípust vagy testrészt, x a teljes test súlyát, a b pedig az allometrikus növekedési koefficienszt jelöli. Izometrikus növekedésről beszélünk (x és y azonos sebességgel nő), ha b értéke 1. Ha $b > 1$, y gyorsabban nő, mint x , és fordítva, ha $b < 1$.

A különböző típusok növekedési folyamatát 3 nem-lineáris függvénnyel vizsgáltam. A Gompertz (Gompertz, 1825) és a logisztikus modell (Robertson, 1908) módosított változatát alkalmaztam (Bünger és Schönefelder, 1984), amelyekkel biológiai szempontból azonnal értelmezhető paramétereket nyertem.

$$\text{Gompertz} \quad A \cdot \exp[-\exp(Be(C-t)/A)],$$

$$\text{logisztikus} \quad A/[1 + \exp(4B(C-t)/A)], \text{ ahol}$$

A az elméleti végső súly, az ún. aszimptóta (kg ill. g), B maximális tömeggyarapodás (kg/nap ill. g/nap) és C a B pont elérésének időpontja (nap).

A Gompertz modellhez hasonló az aszimmetrikus S-függvény (Kralik és mtsai, 1999):

$$\text{aszimmetrikus S-görbe} \quad A/[1+B\exp(-C\gamma t)]^{1/\gamma},$$

amelynek első és második derivációjával kiszámítottam az inflexiós pontot (t_I), illetve egy-egy függvény segítségével, magában foglalva a B és C értékeket, az intenzív növekedés maximumát (t_B) és a lassuló növekedés minimum értékét (t_C), valamint az ezekhez köthető élősúlyt.

A trendfüggvényeket három különböző módszerrel illesztettem:

Input1 az egyedi adatokra külön-külön, majd a paramétereket növekedési típusonként átlagolva (6 adat/egyed/függvény),

Input2: az átlagolt adatokra (6 adat/növekedési típus/függvény) illetve

Input3: a 10 egyed összes adatára (60 adat/növekedési típus/függvény).

A statisztikai elemzéseket az SPSS 10.0 (2001) programmal végeztem. A genotípus hatást GLM módszerrel vizsgáltam, ahol az élősúlyt, mint kovariánst vettem figyelembe (LSD-teszt; $P \leq 0,05$). A faggyú, a színhús és az értékes húsrészek (hosszú és rövid karaj, comb) növekedésének allometrikus egyenletét lineáris regresszió analízissel számoltam (SPSS 10.0). A növekedési görbék paramétereinek (A , B és C) és megbízhatóságának (R^2 és RSS) kiszámításához az SAS 9.1. (2004) program NLIN analízisét használtam. A növekedési típusokra jellemző növekedési együtthatókat és a növekedési függvények paramétereit t-teszttel hasonlítottam össze ($P \leq 0,0025$).

3. EREDMÉNYEK

3.1. Testtáji és testösszetételbeli különbségek súlykategóriánként

Élősúlyra történt korrigálás ellenére a magyar merinó vágott teste, színhústartalma, hosszú és rövid karaja, valamint combja szignifikánsan kisebb, mint a hústípusúaké ($P < 0,05$). A kísérlet kezdetén kevesebb, de már 15 kg-os élősúlytól szignifikánsan nagyobb faggyútartalom várható a magyar merinóban, mint a hústípusúakban. A szignifikáns különbségek ellenére azonban akár 25 kg-os élősúly elérésig sincs jelentős különbség az egyes növekedési típusok között, különösen a faggyúsodás tekintetében, amely a jelen piaci helyzet mellett nem serkenti a juhtartókat a fajtaváltásra.

3.2. Allometrikus növekedés

A testösszetevők és testtájak arányának változását allometrikus függvénnyel vizsgáltam, ami gyors áttekintést nyújt a növekedés típusáról.

A színhús növekedése 25 kg-os élősúlyig mindhárom típusban (magyar merinó, amerikai suffolk és holland texel) megközelítőleg az élősúly növekedésével izometrikus ($b=0,95-0,98$), ezt követően lassul ($b=0,88-0,89$). A teljes vizsgált intervallumban az allometrikus együttható átlagosan 0,92. A típusok izomnövekedési együtthatói között nem találtam szignifikáns különbséget. A zsírszövet későn érő szövettípus, ezért mindhárom vizsgált típusban a b értéke 1,4-1,5. A faggyú növekedése már az 1.-3. súlykategóriában (5-25 kg) is gyorsuló ($b=1,16-1,26$), amely 25 kg felett jelentősen nő ($b=1,52-1,75$). Jelentősebb faggyúnövekedést ($b=1,75$) a magyar merinó esetén tapasztaltam ($P < 0,05$).

A kérődzőkre jellemző fartól induló faggyúsodást a növekedési együtthatók is tükrözték. A b értékek *caudalis-cranalis* irányban nőttek: a comb növekedése az élősúlyhoz képest lassabb ($b=0,92-0,93$), rövid karaj és hosszú karaj növekedése gyorsabb (sorrendben $b=1,04-1,07$ illetve $b=1,06-1,2$). A hosszú karaj

szignifikánsan később érik az amerikai suffolk bárányokban, mint a másik két típusban, amely különbség 25 kg-os élősúly felett válik markánsabbá. Hasonló tendenciát figyeltem meg a rövid karaj növekedésében, azonban az egyes növekedési típusok combjának növekedése az allometrikus egyenlet szerint nem különbözött szignifikánsan.

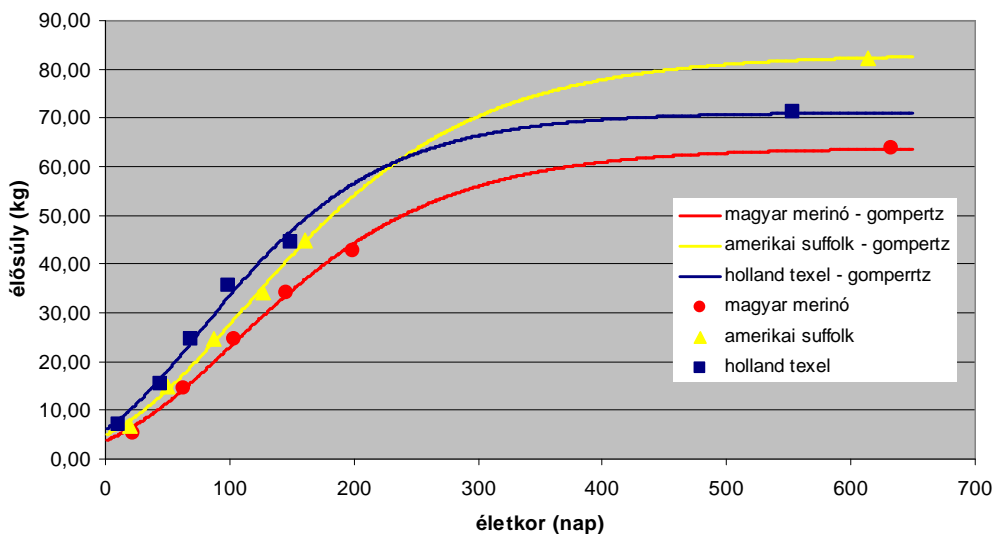
Amennyiben az allometrikus egyenletben a vizsgált tulajdonságokat a CT-vel mért vágott testhez viszonyítottam, a növekedési együtthatók kis mértékben nőttek. Ennek oka, hogy a mellkasi és hasi szervek gyorsabb növekedésűek, mint a vágott test részei.

3.3. Dinamikus növekedés

A vizsgált típusok vágásérettségének megállapításához az élősúly, a CT-felvételek alapján számított teljes test, vágott test, annak izom- és zsírszöveve, valamint a testtájak (potenciális) növekedését vizsgáltam nem-lineáris, ún. növekedési függvényekkel. Az értekezésben használt módosított Gompertz-, logisztikus és aszimmetrikus S-függvények jól illeszkedtek ($R^2 > 0,98$) az adatokra. A legalacsonyabb RSS értékek alapján azonban megállapítottam, hogy mindhárom növekedési típus növekedését a Gompertz modell jellemezte a legpontosabban. Kivételt képzett ez alól az amerikai suffolk későn érő természetű zsírszövetének illetve hosszú karajának növekedése, mivel ezekre az adatokra a logisztikus függvény illeszkedett a legpontosabban.

A modellek vizsgálatához különböző módszerekkel előállított adatokat használtam. Az input típusa – a görbék egyedi adatokra (I1), egy-egy típus átlag adataira (I2) vagy az egy típusba tartozó egyedek összes adatára (I3) illesztés – azonban csak kis mértékben volt hatással a növekedési függvények paramétereire. Az I2 módszer biztosította a legjobb illeszkedést, az átlagolt adatokból következően.

A három típus aszimptotikus súlyát a növekedési modellek A paraméterei jelezték: magyar merinó 64 kg, amerikai suffolk 83 kg és holland texel 71 kg (1. ábra). A texel bárányok érik el a legkorábban ($C = 76$. napon) a maximális napi tömeggyarapódásukat ($B = 310$ g/nap), ekkor 26,3 kg-osak. Az inflexiós pont (C) napján, tehát a 110. napon (30,7 kg-osan) az amerikai suffolk bárányok napi 283 g-ot gyarapodnak. A magyar merinó bárányok napi gyarapodásuk csúcsát (240 g/nap) a 102. napon, 23,6 kg-os élősúlyban érik el. Mindhárom növekedési mutatóban a típusok szignifikánsan különböznek egymástól.

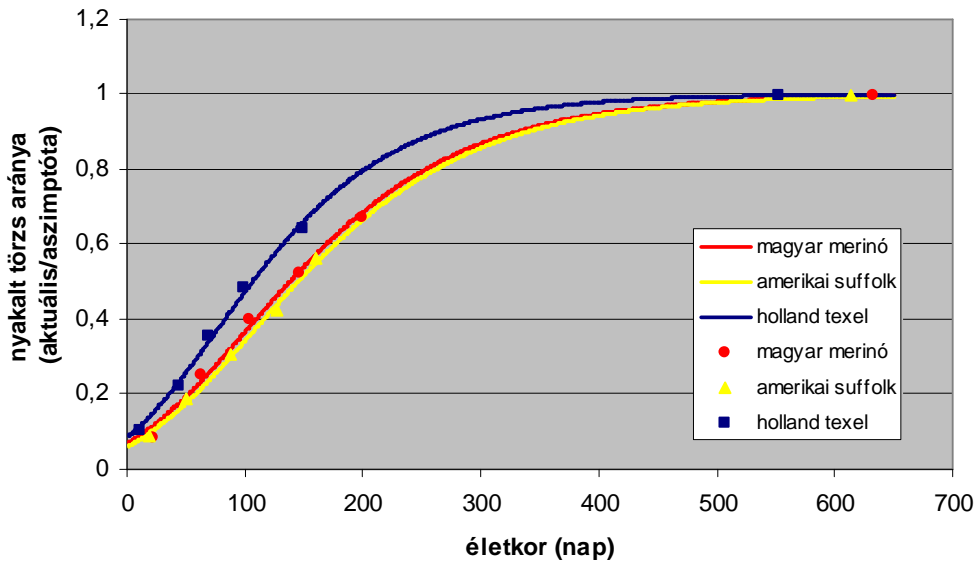


1. ábra A vizsgált növekedési típusok élősúly-növekedésének modellezése Gompertz függvénnyel átlagolt adatokra (I2 módszerre) alapozva

A növekedési függvények szerint típustól függetlenül a CT-vel mért nyakalt törzs néhány nappal később éri el a maximális tömeggyarapodását, mint a teljes test, amit alátámaszt a vágott test allometriás együtthatójának értéke ($b=0,98$).

A nyakalt törzs aszimptótához viszonyított növekedése szerint a magyar merinó és az amerikai suffolk bárányok növekedési görbéjének lefutása szinte azonos, bár a növekedés tartamában és a végsúlyban eltérnek. Az előbbiektől jelentősen

eltér a texel növekedése. Az aszimptotikus súly $2/3$ -át a texel már a 150. napra eléri, míg a másik két típus csupán a 190-198. napra (2. ábra).

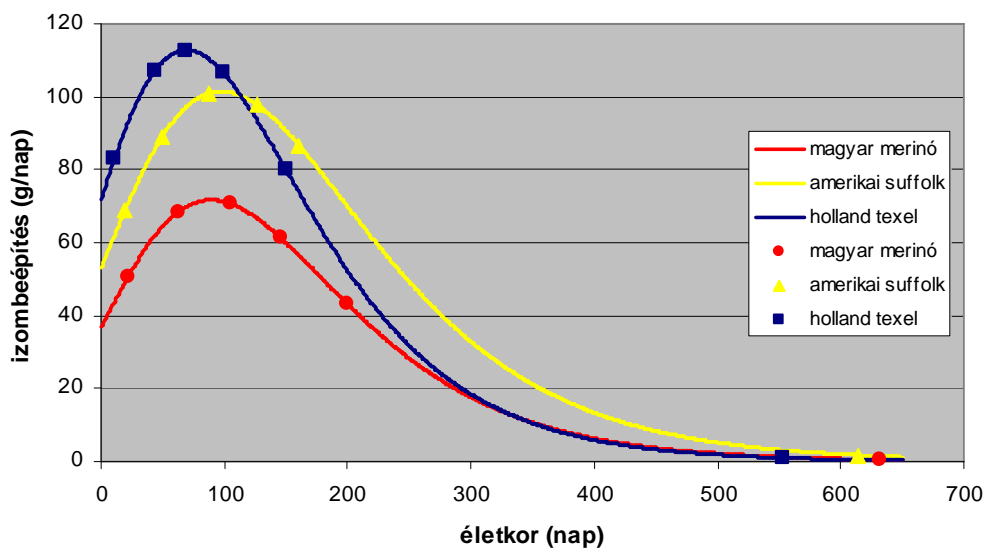


2. ábra A nyakalt törzs relatív növekedése az I2 módszer alapján számított Gompertz modell paramétereinek alkalmazásával

A bárányoknál típustól függetlenül napi 20-21 grammos maximális faggyúbeépüléssel lehet számolni. A faggyúbeépülés inflexiós pontja szerint a típus-sorrend azonban szignifikáns: holland texel (107. nap), magyar merinó (142. nap) és amerikai suffolk (165. nap, de az RSS érték alapján pontosabb logisztikus függvényvel számítva 188. nap). A kezdeti időszakban, kb. a 200-250. napig, a korán érő texel nyakalt törzsek faggyútartalma nagyobb, ezt követően azonban a növekedés tempója jelentősen lassult, ezért a beépült faggyú mennyisége elmaradt a másik két típusétól.

A legjobb színhús %-ot mutató holland texel bárányok érték el legkorábban a maximális napi izomgyarapodást (69. napon 113 g/nap), az amerikai suffolk bárányok pedig a legkésőbb (97. napon 101 g/nap). A magyar merinó a két hústípusú között érte el a mindössze 72 g/napos gyarapodási csúcst (89.

napon). A vizsgált típusok színhús-növekedési mutatói szignifikánsan eltérnek, a napi gyarapodási görbéket a 3. ábra mutatja be.



3. ábra A vizsgált növekedési típusok Gompertz függvény alapján becsült napi izombeépítés

Az aszimmetrikus S-görbe második derivációval a teljes intenzív növekedés szakasza ($\Delta t_C - t_B$) határozható meg. A teoretikus optimális vágósúly az izomnövekedési potenciál maximális hasznosításának időpontja (t_C), tehát a holland texel típusban 47 kg (151. nap), az amerikai suffolk esetén 53 kg (196. nap) és a magyar merinó esetén 40 kg (178. nap). Amennyiben azonban a legalacsonyabb faggyúzottság melletti legjobb húskihozatalt kerestem, akkor a magyar merinó bányákat 20,5 kg (89. nap) és 33 kg (142. nap) között, a texel bányákat 24 kg (69. nap) és 36 kg (107. nap) között és a suffolk bányákat 27 kg (97. nap) és 45 kg (163. nap) között érdemes vágni. A magyar merinó bányák vágott testének becsült faggyútartalma ez idő alatt 8%-ról 12%-ra nőtt. A hústípusúak vágott testének faggyútartalma 7%-ról mindössze 9%-ra nőtt, amely azonban még nagyobb élősúlyban is elmaradt a magyar merinóétól.

A hosszú és rövid karaj, valamint a comb gyarapodásának maximumát az élősúlyhoz hasonlóan a rövid, de nagy növekedési intenzitású holland texel érte el a legkorábban (73-86. napon). Leglassabbnak az amerikai suffolk (103-123. napon) bizonyult. A comb maximális napi gyarapodásának mértéke a holland texel bérányokban volt a legnagyobb (60 g/nap), míg a hosszú karaj esetén az amerikai suffolk bérányokban (logisztikus függvényt használva 19 g/nap). A rövid karaj növekedési intenzitásában a két hústípus nem különbözött szignifikánsan (12-13 g/nap), a magyar merinó növekedési mutatói azonban jelentősen elmaradtak ($P < 0,05$). A karaj fejlődési csúcsát magyar merinóban 24,5-26 kg, holland texelben 28-29 kg és amerikai suffolkban 33-34 kg élősúly mellett érte el. Ezért nyilvánvaló, hogy a suffolkra jellemző karaj-kihozatali kapacitása kihasználatlan 25 kg-os hízóbérány súly mellett. A combgyarapodás csúcsa típustól függően 22-29 kg között van, köszönhetően gyors növekedésének, vagyis relatíve korai érésének.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A faggyú, a színhús és az egyes testrészek élősúlyhoz, illetve nyakalt törzshöz viszonyított növekedésének elemzése során az irodalmi adatokkal megegyező eredményt kaptam. Mindhárom típusban a faggyú relatíve gyorsan ($b=1,4$), a színhús közel izometrikusan nő. A testtájak növekedési együtthatója a fartól a fej felé nő. A különböző típusok a faggyú, a hosszú és a rövid karaj növekedési együtthatójában szignifikáns különbséget találtam, ugyanakkor a színhús és a jelentős mennyiségű színhúst tartalmazó comb növekedése szempontjából nem, vagy alig különböznek egymástól.

Az optimális vágósúly illetve szöveti összetétel meghatározásához a növekedési modellek alkalmazása szükséges. A függvények kiválasztásában jelentős szerepet játszott a könnyű és egyértelmű biológiai értelmezhetőség. A logisztikus függvény illeszkedésének pontossága lényegesen elmaradt a két

aszimmetrikus függvényről (legnagyobb RSS értékek), illetve alábecsülte a kifejlétkori élősúlyt és a CT-vel mért mutatókat. A logisztikus függvény szimmetrikus természete miatt viszont egyes esetekben jól alkalmazható; amikor a napi gyarapodás mértéke az élet korai szakaszában nagyon lassú és csak idősebb korban válik intenzívvé (például a nagy testű suffolk faggyúsodásának, illetve hosszú karajának növekedése).

Az adatelemzés módszere (az input típusa) nincs jelentős hatással a becsült paraméterek értékére, bár a paraméterek standard hibái az I2 (átlagolt adatra illesztés) alkalmazásakor a legnagyobbak, ezért e módszerrel a vizsgálati csoportok statisztikailag kevésbé különböznek egymástól. A legkisebb standard hibákat az I3 (összes adatra illesztés) módszer eredményezte. Az I2 esetén kaptam a legkisebb, míg az I3 alkalmazásakor a legnagyobb RSS értékeket.

A vizsgálatban alkalmazott függvények lehetővé teszik az interpolációt, azonban az extrapolációt csak bizonyos mértékben. Ezért nem meglepő módon e modellek rendszerint alulértékelik az idősebb állatok súlyát (nem alkalmasak a kifejlétkori zsírdépozíciónak köszönhető többé-kevésbé lineáris növekedés becsülésére), illetve a születés körüli vagy megelőző állapotok esetén torz eredményeket adhatnak. A becslések pontosításához a vizsgálati pontok gyakoribbá tétele, illetve idősebb állatok bevonása szükséges, valamint tanácsos lenne kihasználni a flexibilis modellek adottságait is.

Amennyiben a kutatás irányvonala szelekció orientált, célszerű további egyedeket illetve más fajtaszta genotípusokat bevonni a kísérletbe. Feltételezhető, hogy a hazai jelentősebb húsfajták hízekonysági és vágási tulajdonságaikban a három vizsgált típus határértékei között mozognak, mivel kevésbé szélsőséges teljesítményűek. A további vizsgálatokkal tehát a növekedési függvények finomíthatók, illetve az eredmények szelekcióba való beépítésével a test összetétele fajtaspecifikusan módosítható, ergo az izombeépülés javítható.

Gyakorlati szempontokat figyelembe véve az árutermelő állományok miatt a további kutatások során célszerű lenne vizsgálni a hústípusú fajták keresztezéséből származó egyedeket. Segítségével az egyes genotípusokra jellemző optimális vágásérettség meghatározható.

A rendelkezésre álló CT vizsgálattal nyert adatokból lehetőség van – a dolgozatban bemutatott módszert követve – további húsrészek (nyak, tarja, lapocka, oldalas és dagadó), illetve az azokat alkotó szövetek növekedésének modellezésére. Ezáltal lehetőség nyílik az adott testtáj növekedésének maximális kihasználására, és piacra specializált termék előállítására.

A vizsgált típusok növekedési görbéinek aszimptótái és gyarapodási mutatói az alkalmazott technikákkal kimutatható mértékben különböznek egymástól. A relatív növekedést vizsgálva azonban a nagy testű suffolk és a merinó növekedési görbéje közel azonos, amely a növekedési sajátosságok konzervativizmusát (Taylor, 1965) bizonyítja. A texel bárányok növekedési görbéjének alakja azonban az előbbiektől eltért, köszönhetően az eredményes tenyésztői munkának. Az ilyen irányú eredményes tenyésztői munkához, vagyis egy genotípus növekedési ütemének megváltoztatásához, illetve a tenyésztési programokba építéséhez ismerni kell a tulajdonságok öröklődhetőségét és a köztük lévő korrelációt. Az eddigi kutatási eredmények (Lambe és mtsai, 2006) szerint a növekedési függvények egyes paraméterei között szoros korreláció van. A genetikai paraméterek hazai állományokban történő becslése és tesztelése azonban elősegítheti a juhhústermelésünk javítását.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Sikeresen adaptáltam juh fajra a növekedés elemzéséhez más állatfajban már kidolgozott metodikát, amely az egyes időpontokban készült felvételsorozatok összehasonlíthatóságát biztosítja. Ennek érdekében a bárány váll- és csípőízülete közötti szakaszt minden súlykategóriában 30 képpel fedtem le, ezáltal adott állat ugyanazon sorszámú felvételei azonos anatómiai pontokra esnek.
2. Megállapítottam, hogy a növekedési típustól (magyar merinó, amerikai suffolk és holland texel) függetlenül a CT-vel mért hosszú és rövid karaj növekedése kissé gyorsabb ($b > 1$), a comb növekedése lassabb ($b < 1$), mint az élősúlyé.
3. Mindhárom típus növekedését az értekezésben használt dinamikus függvények – módosított Gompertz-, logisztikus és aszimmetrikus S-függvények – közül a Gompertz modell jellemezte a legpontosabban (legalacsonyabb RSS értékeket biztosított), azonban az amerikai suffolk később érő természetű zsírszövetének illetve hosszú karajának növekedésére a logisztikus függvény volt a legalkalmasabb.
4. Az adatelemzés, vagyis az input típusa – a görbék egyedi adatokra, egy-egy típus átlag adataira vagy az egy típusba tartozó egyedek összes adatára illesztése – csak kis mértékben volt hatással a növekedési függvények paramétereire.
5. A vizsgált típusok (magyar merinó, amerikai suffolk és holland texel) növekedési üteme között a vártnál kisebb, de az alkalmazott technikákkal (CT-felvételek és növekedési függvények használatával) kimutatható különbség van.

6. Kidolgoztam juh fajra, és modellvizsgálatokkal ellenőriztem az *in vivo* CT-vizsgálatokra alapozott optimális vágási (legalacsonyabb faggyúzottság melletti legjobb húskihozatal) súly és időpont becslésének módszerét.
7. Modellvizsgálataimra alapozva megállapítottam, hogy a hazai piacon szokásos, 22 kg-os átlagos élősúlyú választott bárányok faggyúzottságában nincs jelentős különbség, azonban a hazai genotípusok színhústermelésében és a kategória elérésének idejében számottevő különbség lehet.

6. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelvű lektorált szakfolyóiratban megjelent közlemények

Lengyel A, Mezőszentgyörgyi D, **Kupai T** (2001). The observation of alteration in body composition of sheep during the growth of lambs by CT. Acta agriculturae slovenica, Supplement - Research reports, 31, 247-251.

Kupai T, Lengyel A, Toldi Gy (2002). A CT-based examination of first-class meat parts in different sheep genotypes. Acta Agraria Kaposváriensis, 6(2), 115-121.

Kupai T, Lengyel A (2004). Comparison of the growth of fat and lean tissue in young rams based on CT scanning. Acta agriculturae slovenica, 1, 129-136.

Kupai T, Lengyel A (2007). Growth modelling of different sheep types using Computed Tomography (CT). Small Ruminant Research. (közlésre elfogadva)

Magyar nyelvű lektorált szakfolyóiratban megjelent közlemények

Kupai T, Toldi Gy, Lengyel A (2003). Eltérő genotípusú juhok Tomográfra alapozott összehasonlító vizsgálata. Állattenyésztés és takarmányozás, 52(4), 307-317.

Kupai T, Lengyel A (2005). A juh növekedése I. A hústermelés általános jellemzése (Irodalmi áttekintés). ACTA Agraria Kaposváriensis, 9(1), 1-9.

Kupai T, Lengyel A (2007). In vivo modellvizsgálatok juh fajban I. Modellezés allometrikus függvényvel. Állattenyésztés és takarmányozás. (közlésre elfogadva).

Kupai T, Lengyel A (2007). In vivo modellvizsgálatok juh fajban II. Modellezés dinamikus függvényvel. Állattenyésztés és takarmányozás. (közlésre elfogadva).

Proceedingekben teljes terjedelemben megjelent magyar nyelvű közlemények

Kupai T, Jenei P, Lengyel A (2004). Különböző genotípusú juhok értékes húsrészeinek CT-re alapozott vizsgálata. X. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely, 2004. ápr. 29. 107.pdf (CD-ROM)

Kupai T, Lengyel A (2004). Zsír- és izomszövet növekedésének Computer Tomográfias vizsgálata különböző fajtájú juhokon. *XXX. Óvári Tudományos Napok, Agrártermelés – Harmóniában a természettel. Mosonmagyaróvár, 2004. okt. 7.* Állattenyésztés II. szekció, 55. kupai2.pdf (CD-ROM)

Előadás magyar nyelven

Kupai T (2004). A faggyú és színhús növekedésének Computer Tomográfias vizsgálata különböző fajtájú bárányokon. Doktorandusz Tudományos Kerekasztala – Kaposvári Egyetem