

Néhány miosztatin mutáció előfordulása és kapcsolata bizonyos hústermelési tulajdonságokkal hazai charolais húsmarha állományokban

Occurrence of some myostatin (MSTN) mutations and their effect on some beef related traits in Charolais cattle

BENE Szabolcs – CSÜRHÉS Tamás – HOLLÓ Gabriella – MIKÓ Edit – TÖRÖK Márton – POLGÁR J. Péter – SZABÓ Ferenc

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálat során öt miosztatin gén mutáció (*F94L*, *Q204X*, *nt267*, *nt324* és *nt414*) előfordulását és a születési súllyal, az ellési nehézséggel, a 205-napos választási súllyal és a hústermelésre utaló küllemi tulajdonságokkal való kapcsolatát értékeltük a Magyar Charolais Tenyésztők Egyesületének adatbázisán, választott borjakon. Az értékeléshez többtényezős variancia analízist és lineáris regressziós modellt használtunk. A *Q204X* változatot heterozigóta formában hordozó borjak 0,14-el ($p < 0,05$) nagyobb pontszámot értek a hát izmoltságában, a hát szélességben, a comb kerekességben, 1,2%-kal jobb eredményt mutattak az általános izmoltsági pontszámában, továbbá a választási súlyuk 8,56 kg-mal több volt, mint a nem hordozó egyedeké. Az *F94L* változatot hordozó egyedek választási súlya 4,08 kg-mal nagyobb volt, de a különbség nem mutatkozott szignifikánsnak. A többi változat esetében nem volt számottevő különbség.

Kulcsszavak: charolais, miosztatin, ellés lefolyás, választási súly, izmoltság, trend

SUMMARY

Objective: This study is aimed to investigate the occurrence of some myostatin mutations such as *F94L* and *Q204X* and others (*nt267*, *nt324* and *nt414*) on birth weight (SZS), calving ease (ELP), 205-day weaning weight (KVS) and muscle score of some body parts - shoulder (VIZ), back (HSZ), thigh (CKE) and loin (FSZT, IVA) - and overall muscularity (ÖIF) showing muscle development and trend of these traits in the Charolais beef cattle population in Hungary.

Methods: The molecular genetic information of the 2046 weaned calves (born between 2015 and 2021) was determined with the Weatherbys Scientific Bovine VersaSNP 50K chip. Multi-trait analysis of variance (GLM) and weighted linear regression analysis were used to process the data. Among the nine evaluated traits, Pearson's phenotypic correlation values (r) were also determined.

Results: Calves carrying the *Q204X* variant in heterozygous form achieved approximately 0.14 points higher HSZ, CKE and IVA and 1.2% higher ÖIF and gained 8.56 kg more KVS than their counter 1.2% parts not carrying the allele ($p < 0.05$). As for the *F94L* variant, there was a difference of 4.08 kg in KVS of the heterozygous animals, but this difference could not be proved statistically. The other mutations had no significant effect on the evaluated traits.

Conclusions: Since *Q204X* had appreciable effect on calving, weaning and muscularity-related traits, it is advisable to pay attention to this allele in the breeding strategy. By increasing the proportion of carriers in the population the abovementioned traits of Charolais population could be modified.

Keywords: Charolais, myostatin, calving ease, weaning weight, muscularity, trend

1. Bevezetés és irodalmi áttekintés

A hústermelő állatok, így a vágómarhák váróértékét és húsminőségét legmegbízhatóbban vágásuk után értékelhetjük. A gyakorlatban azonban kereskedelmi és tenyésztési szempontok miatt gyakran vagyunk kénytelenek a vágóértéket és a húsminőséget élő állaton becsülni. A becslés az állat szemrevételezésével, különböző nem invazív mérésekkel, vagy molekuláris genetikai vizsgálatokkal (stb.) lehetséges.

Számos kutatási eredmény támasztja alá, hogy a vágómarha életkora, ivara, tápláltsági állapota, kondíciója, külleme, izmoltsága megbízható információt ad annak a tényleges értékéről (*Cunningham és mtsai, 2005*). Az említettek nagy része viszonylag egyszerűen, pontozással minősíthető. Ugyanakkor különböző vizsgálatok számos nagyhatású gént, génmutációt találtak, amelyek hatással vannak a vágóértékre és a húsminőségre (*Georges és mtsai, 1998; Stinckens és mtsai, 2008*). Az ilyen gének, DNS szakaszok, pontmutációk (stb.) viszonylag könnyen vizsgálhatók élőállatokból vett szövetmintákból (szőr, vér, fülporc stb.). Az említett molekuláris genetikai vizsgálatok óriási előnye, hogy az állat fiatal korában elvégezhető, aminek tenyésztési szempontból különös jelentősége van.

A fentiek alapján a vágóérték és a húsminőség fontos indikátora lehet a *miosztatin* gén, amely a vázizomzat növekedését szabályozza (*Mirhoseini és Zare, 2012; Elkina és mtsai, 2015*). *Sellick és mtsai (2007)* különböző miosztatin mutációkat vizsgálva azt tapasztalták, hogy az *F94L* változatot hordozó állatok izmoltsága kedvezőbb volt, mint a nem hordozóké. *Wiener és mtsai, (2009)* south devon marhákkal végzett vizsgálata során a *myostatin 11-bp deletion (MH)* több, hústermeléssel kapcsolatos tulajdonságot befolyásolt. *Allais és mtsai (2013)* azt tapasztalták, hogy a *Q204X*, vagy az *nt821* mutációt hordozó charolais és limousin fajtájú vágómarhák hasított test tulajdonságai jobbak voltak, mint a nem hordozó egyedeké. *Hales és mtsai (2020)* arról számoltak be, hogy az *F94L* mutációt homozigóta formában hordozó limousin üszők súlygyarapodása kedvezőbb volt, mint a nem hordozóké. *Ceccobelli és mtsai, (2022)* szerint a miosztatin mutációt heterozigóta formában hordozó marchigiana bikák vágott test tulajdonságai valamivel kedvezőbbek voltak, mint a homozigótáké, bár a különbség nem minden esetben volt szignifikáns.

A trémakörrel kapcsolatos releváns irodalmi forrásmunkákból megállapítható, hogy a miosztatin hatását elsősorban a túlizmolt szarvasmarhákon vizsgálták (*Grobet és mtsai, 1997; Casas és mtsai, 1999*). E tekintetben viszonylag kevés információval rendelkezünk a charolais fajáról. Előzetes adatok (*Short és mtsai, 2002; Mosher és mtsai, 2007; Tozaki és mtsai, 2010*) alapján úgy tűnik, hogy a miosztatin mutációt hordozó és nem hordozó egyedek fenotípusos teljesítményében szignifikáns különbség lehet (*Lines és mtsai, 2009*).

A fentiekből kiindulva vizsgálatunk célja az volt, hogy értékeljük különböző miosztatin mutációk (*F94L, Q204X, nt267, nt324 és nt414*) előfordulását és hatását a borjak születési súlyára, 205-napos választási súlyára, az ellési lefolyására, valamint a választott borjak különböző testtájainak (váll, hát, comb, ágyék) izmoltságára hazai charolais állományokban.

2. Anyag és módszer

2.1. Az adatbázis

A munka során feldolgozott adatok a Magyar Charolais Tenyésztők Egyesületének törzskönyvi adatbázisából kerültek gyűjtésre. A rendelkezésre álló kiindulási adatbázis 2046 választott borjú származási, választási, küllemi és molekuláris genetikai adatait tartalmazta. Az értékelésbe vont borjak közül 688 bika és 1358 pedig üsző volt, és 2015-2021 között születtek.

2.2. A vizsgált tulajdonságok

Valamennyi borjú esetén rendelkezésre állt a születési súly (SZS), a 205 napra korrigált választási súly (KVS), az ellés lefolyási pontszám (ELP), valamint a választáskor elvégzett küllemi bírálat 18 tulajdonságra kiterjedő pontozásos adatbázisa. Munkánk során ezek közül az izomfejléssel összefüggő küllemi tulajdonságokat értékeltük, melyek a következők voltak: vállizmoltság (VIZ), hátszélesség (HSZ), comb kerekedtség (CKE), farszélesség (FSZ), ill. izomvastagság az ágyékon (IVA). Az összesített izomfejléset (ÖIF) az alábbi képlet segítségével számítottuk ki:

$$\text{ÖIF} = (\text{VIZ} + \text{HSZ} + \text{CKE} + \text{FSZ} + 2 \times \text{IVA}) / 60$$

Az egyes küllemi paraméterek felvételének a módját, valamint a pontozás részletes szempontrendszerét a Magyar Charolais Tenyésztők Egyesületének a Küllemi Bírálata Szabályzata (*Domokos és Tózsér, 2004*) részletesen ismerteti, így azt itt nem részletezzük.

2.3. A rendelkezésre álló molekuláris genetikai információk

A vizsgálatba vont borjak genetikai információinak meghatározása *Weatherbys Scientific Bovine VersaSNP 50K* chip segítségével történt. A módszer leírását, valamint az eredmények értelmezésének lehetőségeit *Kusza és mtsai (2020)* részletesen ismertették.

A genetikai adatbázis 117 különböző allélra vonatkozóan tartalmazott információt. Munkánk során ezek közül a miosztatin fehérjét kódoló gén (GDF8 - *growth differentiation factor 8*) legjelentősebbnek vélt alléljait (*Q204X, F94L, nt267, nt324* és *nt414*) vizsgáltuk. A meglévő információk (*Dunner és mtsai, 2003; Esmailizadeh és mtsai, 2008; Aiello és mtsai, 2018*) alapján úgy tűnik, ezek jelentős hatással lehetnek az izomnövekedésre, így az izmoltság alakulására is.

Az adatbázisban minden esetben jelölve volt, hogy az egyedek az említett allélokot homozigóta, vagy heterozigóta formában hordozzák, illetve nem hordozzák. Ennek ivaronkénti eloszlását az *1. táblázatban* mutatjuk be.

2.4. A különböző tényezők hatásának vizsgálata

Az adatbázis kiértékelése előtt kiszámítottuk a vizsgált tulajdonságok alapstatisztikai paramétereit (átlag, szórás, cv%, stb.). Az adatok normál eloszlásának ellenőrzésére *Kolgomorov-Smirnov* tesztet, a variancia homogenitásának vizsgálatára *Levene* tesztet használtunk (*2. táblázat*).

Az adatbázis kiértékeléséhez többtényezős varianciaanalízist (*General Linear Model*) (Bene és mtsai, 2022) alkalmaztunk. A munka során a borjak születési éve és ivara, valamint a (fent említett) miosztatin allélok alapján meghatározott genotípus fix hatásként került be a modellbe (Lines és mtsai, 2009). A kilenc vizsgált tulajdonságot egymástól külön kezeltük, és mind a 9 esetben külön modellszámítást végeztünk. A felhasznált modellek általános alakja a következő volt:

$$\hat{y}_{hijklmn} = \mu + Y_h + S_i + F_j + Q_k + N_l + M_m + T_n + e_{hijklmn}$$

(ahol $\hat{y}_{hijklmn}$ = a választott borjú érték mérő tulajdonsága, mely „h” évben, „i” ivarban született, és „j” F94L, „k” Q204X, „l” nt267, „m” nt324 and „n” nt414 genotípusú volt; μ = az összes megfigyelés főátlaga; Y_h = a borjú születési évének hatása; S_i = a borjú ivarának a hatása; F_j = az F94L allél hatása; Q_k = a Q204X allél hatása; N_l = az nt324 allél hatása; M_m = az nt324 allél hatása; T_n = az nt414 allél hatása; $e_{hijklmn}$ = véletlen hiba).

1. táblázat

Miosztatin allélok előfordulása a vizsgált populációban

Miosztatin allél (1)	Genotípus (2)	Bika borjú (3)	Üsző borjú (4)	Összesen (5)
		Létszám (6)		
F94L	Nem hordozó (7)	651	1282	1933
	Heterozigóta (8)	37	76	113
	Homozigóta (9)	0	0	0
Q204X	Nem hordozó	606	1185	1791
	Heterozigóta	82	173	255
	Homozigóta	0	0	0
nt267	Nem hordozó	633	1318	1981
	Heterozigóta	25	40	65
	Homozigóta	0	0	0
nt324	Nem hordozó	547	1060	1607
	Heterozigóta	132	277	409
	Homozigóta	9	21	30
nt414	Nem hordozó	357	705	1062
	Heterozigóta	277	548	825
	Homozigóta	54	105	159
Összesen (5)		688	1358	2046

Table 1: Occurrence of myostatin alleles in the examined population

myostatin allele (1); genotype (2); male calves (3); female calves (4); total (5); number of animals (6); non carrier (7); heterozygous (8); homozygous (9)

2. táblázat

A vizsgált tulajdonságok alapstatisztikai mutatói (N = 2046)

Tulajdonság (1)	Átlag (2)	SD	CV%	Min	Max	Norm*	Hom [#]
SZS (kg)	43,63	5,99	13,74	21	70	0,07	0,11
ELP (pont) (14)	1,16	0,45	38,55	1	3	0,51	0,00
KVS (kg)	258,15	44,30	17,16	125	404	0,03	0,00
VIZ (pont)	5,54	1,10	19,91	2	9	0,18	0,06
HSZ (pont)	5,13	1,05	20,39	2	8	0,19	0,02
CKE (pont)	5,36	1,16	21,71	2	10	0,17	0,27
FSZ (pont)	5,35	1,12	21,01	2	9	0,18	0,33
IVA (pont)	5,26	1,07	20,45	2	9	0,18	0,13
ÖIF (átlag pont)	53,15	9,62	18,10	20	87	0,05	0,04

SZS = születési súly (3); ELP = ellés lefolyási pontszám (4); KVS = 205 napra korrigált választási súly (5); VIZ = vállizmoltság (6); HSZ = hátszélesség (7); CKE = comb kerekedettség (8); FSZ = farszélesség (9), IVA = izomvastagság az ágyékon (10); ÖIF = összesített izomfejlettség (11); *normalitás vizsgálat: ha $p > 0,05$, a normál eloszlás igazolt (12); #homogenitás teszt: ha $p > 0,05$, a homogenitás igazolt (13)

Table 2. Basic statistics of the examined traits (number of animals for each trait 2046)

trait (1); mean (2); SZS = birth weight (3); ELP = calving ease (4); KVS = 205-day weaning weight (5); VIZ = muscle score of shoulder (6); HSZ = muscle score of back (7); CKE = muscle score of thigh (8); FSZ = roundness score of thigh (9); IVA = loin thickness score (10); ÖIF = overall muscle development point (11); *normality test: if $p > 0.05$, the normal distribution is confirmed (12); #homogeneity test: if $p > 0.05$, the homogeneity is confirmed (13); point (14)

2.5. A fenotípusos korrelációk és a fenotípusos trendek becslése

Az azonos évben született borjak mind a kilenc tulajdonságát külön-külön átlagoltuk. Súlyozott egytényezős lineáris regressziós analízist alkalmaztunk a fenotípusos trendek becslésére. A modellben a függő változó az értékelte tulajdonság volt, a borjak születési évét független változónak, az évi egyedszámot pedig súlynak tekintettük.

A kilenc értékelte tulajdonság között a *Pearson*-féle fenotípusos korrelációs értékeket (r) is meghatároztuk.

2.6. A felhasznált szoftverek

Az adatok előkészítését Microsoft Excel 2003 és Word 2003 programokkal végeztük. Az adatbázis kiértékelése az SPSS 27.0 (2020) statisztikai szoftver-csomagot használtuk.

3. Eredmények és értékelés

A vizsgált tényezők hatását az ellési, választási és izmoltsági tulajdonságokra a 3. táblázatban mutatjuk be.

3. táblázat

A vizsgált tényezők hatása az ellési, választási és izmoltsági tulajdonságokra

Tényező (1)	Tulajdonság (6)								
	SZS	ELP	KVS	VSZ	HSZ	CKE	FSZ	IVA	ÖIF
	p								
Borjú születési éve (2)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Borjú ivara (3)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
F94L	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Q204X	NS	NS	<0,01	NS	<0,05	<0,05	NS	<0,05	<0,05
nt267	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
nt324	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
nt414	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Tényező	A vizsgált tényezők aránya a fenotípusban (%) (7)								
Borjú születési éve	8,53	19,19	3,84	1,95	1,26	1,52	6,63	2,44	1,97
Borjú ivara	90,37	62,27	87,90	96,18	96,74	94,43	92,32	95,53	96,49
F94L	0,24	1,39	0,68	0,12	0,39	0,01	0,21	0,50	0,24
Q204X	0,00	2,05	5,29	0,63	1,04	1,79	0,04	1,07	0,81
nt267	0,01	6,12	0,03	0,10	0,03	1,30	0,07	0,10	0,16
nt324	0,07	1,02	1,17	0,35	0,06	0,24	0,07	0,08	0,03
nt414	0,16	4,54	0,38	0,40	0,21	0,19	0,28	0,03	0,07
Hiba (4)	0,62	3,42	0,71	0,27	0,27	0,52	0,38	0,25	0,23
Összesen (5)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

SZS = születési súly (8); ELP = ellés lefolyási pontszám (9); KVS = 205 napra korrigált választási súly (10); VIZ = vállizmoltság (11); HSZ = hátszélesség (12); CKE = comb kerekedettsége (13); FSZ = farszélesség (14); IVA = izomvastagság az ágyékon (15); ÖIF = összesített izomfejlettség (16)

Table 3. Effect of the examined factors on the calving, weaning and the muscularity traits
 factors (1); birth year of calves (2); sex of calves (3); error (4); total (5); traits (6); the ratio of the examined factors in phenotype (7); SZS = birth weight (8); ELP = calving ease (9); KVS = 205-day weaning weight (10); VIZ = muscle score of shoulder (11); HSZ = muscle score of back (12); CKE = muscle score of thigh (13); FSZ = roundness score of thigh (14); IVA = loin thickness score (15); ÖIF = overall muscle development point (16)

A borjak ivarának hatása szignifikáns ($p < 0,01$) volt, és meghatározó szerepet (62,27-96,74%) játszott a fenotípus alakításában. A vizsgált tulajdonságokban ugyancsak szignifikáns ($p < 0,01$) különbség mutatkozott a borjak születési évjáratától függően. A különböző miosztatin mutációk közül a Q204X hatása volt statisztikailag igazolható ($p < 0,01$, ill. $p < 0,05$) a KVS, HSZ, CKE, IVA és ÖIF tulajdonságok alakulására. A többi miosztatin mutációnak nem volt statisztikailag kimutatható hatása a vizsgált tulajdonságokra. A munkánk során tapasztalt évjárat- és ivari különbségek a választási tulajdonságok esetén nagyon jól ismertek a szakirodalomban (Lee és mtsai, 1997; Teixeira és mtsai, 2018). Ezzel szemben

a charolais borjak izmoltsági paramétereinek ilyen jellegű értékelésére nem találtunk adatokat.

A vizsgált tulajdonságok átlagértékei (\pm SE) a következők voltak: SZS = $43,65 \pm 0,63$ kg; ELP = $1,12 \pm 0,05$ pont; KVS = $269,07 \pm 4,73$ kg; VÍZ = $5,90 \pm 0,11$ pont; HSZ = $5,39 \pm 0,11$ pont; CKE = $5,65 \pm 0,12$ pont; FSZ = $5,54 \pm 0,12$ pont; IVA = $5,52 \pm 0,11$ pont; ÖIF $55,86 \pm 0,96$ pont (4. és 5. táblázat).

A charolais borjak választási eredményére vonatkozó megállításaink hasonló számos publikációban közölt eredményhez (Dodenhoff és mtsai, 1999; Donoghue és Bertrand, 2003; Fördös és mtsai, 2010). Az ellés módjára vonatkozó vizsgálatunk során a hazai charolais állományban kevesebb nehéz ellést tapasztaltunk, mint amennyiről a vonatkozó irodalmi forrásmunkák (Phocas és mtsai, 1998; Erikson és mtsai, 2004) charolais fajta esetén beszámoltak.

A szakirodalomban meglehetősen kevés információt találtunk a charolais borjak izmoltságával kapcsolatos küllemi tulajdonságokról. Arango és mtsai (2002), valamint Vallée és mtsai (2013) közöltek ilyen jellegű adatokat fajtatiszta és keresztezett charolais állományokról, de az alkalmazott eltérő vizsgálati módszer miatt ezek nem hasonlíthatók össze a saját eredményeinkkel.

A KVS tekintetében a vizsgált populációban a Q204X változatot heterozigóta formában hordozó borjak 8,56 kg-mal nagyobb súlyt értek el, mint az allélt nem hordozó társaik. Az F94L mutáció esetében 4,08 kg volt a különbség a heterozigóta egyedek javára, de ez a különbség statisztikailag nem volt igazolható. Az nt324 és az nt414 változatokat homozigóta formában hordozó egyedek KVS-a jelentősen meghaladta (10,43 kg, ill. 2,92 kg) a nem hordozókat, azonban ezek a különbségek sem voltak szignifikánsak.

Az izmoltsági pontszámok tekintetében megállapítható volt, hogy a Q204X változatot heterozigóta formában hordozó borjak mintegy 0,14 ponttal nagyobb HSZ, CKE és IVA pontszámot, valamint 1,2%-kal nagyobb ÖIF értéket értek el, mint a nem hordozó társaik. Annak ellenére, hogy az F94L változatnak nem volt statisztikailag igazolható hatása az izmoltsági paraméterekre, szembeűnő volt, hogy a nem hordozó borjak szinte valamennyi izmoltsági pontszámában nagyobb értékeket mutattak, mint a heterozigóta hordozók. Az nt267, az nt324 és az nt414 mutációk esetén a heterozigóta, de még inkább a homozigóta hordozó borjak esetén az izmoltsági pontszám - ugyan nem szignifikáns mértékben, de - nagyobb volt, mint a nem hordozó egyedeké.

Eredményeinket számos korábbi megállapítás (Charlier és mtsai, 1995; Dunner és mtsai, 2003; Allais és mtsai, 2013) is alátámasztja, melyek szerint a Q204X mutáció statisztikailag igazolható volt a hústermeléssel kapcsolatos fontosabb tulajdonságokra. Azonban vizsgálati eredményünktől eltérően néhány szerző (Lines és mtsai, 2009; Sellick és mtsai, 2007) az F94L változat hatását is szignifikánsnak találta több tulajdonság esetében. Az nt821 változat hatásáról túlizmolt állatokon végzett vizsgálatok eredményei alapján többen (Miranda és mtsai, 2002; Bellinge és mtsai, 2005; González-Berrios és mtsai, 2016), beszámoltak, bár ennek hatását charolais fajtában nem vizsgálták. Az nt267, nt324 és nt414 változatokat korábban vizsgálták (Dunner és mtsai, 2003), de ezeknek a fenotípusra gyakorolt hatásáról nem tettek említést.

Munkánk eredményei hasonlók Casas és mtsai (1999) megállapításaihoz, mely szerint a miosztatin mutációk heterozigóta formában kedvezően hathatnak

4. táblázat

Különböző tényezők hatása az ellési és választási tulajdonságokra

Tényező (1)	N	Ellési és választási tulajdonságok (10)		
		SZS (kg)	ELP (pont) (11)	KVS (kg)
Becsült főátlag (±SE) (2)	2046	43,65±0,63	1,12±0,05	269,07±4,73
		Eltérés a főátlagtól (12)		
Borjú születési éve (3)				
- 2015	195	-0,98	+0,16	-6,02
- 2016	51	-0,37	-0,10	-9,20
- 2017	139	-2,36	-0,02	-4,12
- 2018	296	+0,46	+0,00	-2,01
- 2019	540	-0,06	+0,04	+4,67
- 2020	597	+0,76	-0,02	+6,93
- 2021	228	+2,54	-0,05	+9,74
Borjú ivara (4)				
- bika (5)	688	+1,67	+0,05	+11,54
- üsző (6)	1358	-1,67	-0,05	-11,54
F94L				
- nem hordozó (7)	1933	+0,17	+0,01	-2,04
- heterozigóta (8)	113	-0,17	-0,01	+2,04
Q204X				
- nem hordozó	1791	-0,01	-0,01	-4,28
- heterozigóta	255	+0,01	+0,01	+4,28
nt267				
- nem hordozó	1981	-0,05	+0,04	-0,54
- heterozigóta	65	+0,05	-0,04	+0,54
nt324				
- nem hordozó	1607	+0,08	+0,00	-4,58
- heterozigóta	409	-0,07	-0,02	-1,27
- homozigóta (9)	30	+0,00	+0,02	+5,85
nt414				
- nem hordozó	1062	+0,13	+0,02	-0,67
- heterozigóta	825	+0,11	+0,02	-1,57
- homozigóta	159	-0,24	-0,04	+2,25

SZS = születési súly (13); ELP = ellés lefolyási pontszám (14); KVS = 205 napra korrigált választási súly (15)

Table 4. The effect of different factors on the calving and weaning traits

factor (1); adjusted overall mean (2); birth year of calves (3); sex of calves (4); male (5); female (6); non carrier (7); heterozygous (8); homozygous (9); calving and weaning traits (10); point (11); deviation from the overall mean (12); SZS = birth weight (13); ELP = calving ease (14); KVS = 205-day weaning weight (15)

5. táblázat

Különböző tényezők hatása az izmoltsági tulajdonságokra

Tényező (1)	N	Izmoltsági tulajdonságok (10)					
		VIZ	HSZ	CKE	FSZ	IVA	ÖIF
		pont (11)					
Becsült főátlag (\pm SE) (2)	2046	5,90 \pm 0,11	5,39 \pm 0,11	5,65 \pm 0,12	5,54 \pm 0,12	5,52 \pm 0,11	55,86 \pm 0,96
		Eltérés a főátlagtól (12)					
Borjú születési éve (3)							
- 2015	195	+0,13	+0,15	+0,04	-0,19	+0,12	+0,61
- 2016	51	+0,06	+0,14	-0,25	+0,00	+0,20	+0,57
- 2017	139	+0,19	+0,06	+0,06	+0,41	+0,07	+1,44
- 2018	296	+0,09	+0,01	+0,22	+0,36	+0,08	+1,40
- 2019	540	-0,02	-0,03	-0,04	+0,03	+0,03	+0,00
- 2020	597	-0,21	-0,18	-0,05	-0,24	-0,28	-2,06
- 2021	228	-0,24	-0,16	+0,02	-0,36	-0,22	-1,97
Borjú ivara (4)							
- bika (5)	688	+0,47	+0,44	+0,35	+0,41	+0,47	+4,34
- üsző (6)	1358	-0,47	-0,44	-0,35	-0,41	-0,47	-4,34
F94L							
- nem hordozó (7)	1933	+0,03	+0,06	-0,01	+0,04	+0,07	+0,43
- heterozigóta (8)	113	-0,03	-0,06	+0,01	-0,04	-0,07	-0,43
Q204X							
- nem hordozó	1791	-0,06	-0,07	-0,07	-0,01	-0,07	-0,60
- heterozigóta	255	+0,06	+0,07	+0,07	+0,01	+0,07	+0,60
nt267							
- nem hordozó	1981	-0,04	-0,02	-0,11	-0,03	-0,04	-0,46
- heterozigóta	65	+0,04	+0,02	+0,11	+0,03	+0,04	+0,46
nt324							
- nem hordozó	1607	-0,11	-0,04	+0,00	+0,02	+0,00	-0,23
- heterozigóta	409	-0,07	-0,01	-0,06	+0,05	-0,04	-0,29
- homozigóta (9)	30	+0,17	+0,05	+0,06	-0,06	+0,04	+0,52
nt414							
- nem hordozó	1062	-0,06	-0,03	-0,03	-0,05	+0,00	-0,27
- heterozigóta	825	+0,03	+0,03	-0,03	-0,01	-0,02	-0,01
- homozigóta	159	+0,03	+0,00	+0,05	+0,06	+0,01	+0,28

VIZ = vállizmoltság (13); HSZ = hátszélesség (14); CKE = comb kerekedettségek (15); FSZ = farszélesség (16); IVA = izomvastagság az ágyékon (17); ÖIF = összesített izomfejlettség (18)

Table 5. The effect of different factors on the muscularity traits

factor (1); adjusted overall mean (2); birth year of calves (3); sex of calves (4); male (5); female (6); non carrier (7); heterozygous (8); homozygous (9); calving and weaning traits (10); point (11); deviation from the overall mean (12); VIZ = muscle score of shoulder (13); HSZ = muscle score of back (14); CKE = muscle score of thigh (15); FSZ = roundness score of thigh (16); IVA = loin thickness score (17); ÖIF = overall muscle development point (18)

a választási tulajdonságokra. *Allais és mtsai* (2013) eredményeivel ellentétben a Q204X allél születési súlyra gyakorolt hatását a vizsgált charolais állományban nem tudtuk kimutatni. *Esmailizadeh és mtsai* (2008) eredményeihez hasonlóan az F94L allél hatását a születési és a választási tulajdonságokra nem találtuk szignifikánsnak.

Valamennyi tulajdonság esetén az egyes évjáratok között számottevő különbségeket tapasztaltunk. Ezt alátámasztották a fenotípusos trendszámítás (6. táblázat) eredményei is, mely szerint a vizsgált 9 tulajdonság közül 6 esetben statisztikailag megbízható ($p < 0,05$, ill. $p < 0,01$), meglehetősen jól illeszkedő ($R^2 = 0,57-0,93$) regressziós függvényeket kaptunk. A SZS és a KVS esetén az egyenesek meredeksége (b) pozitív irányú, míg a többi tulajdonság esetén negatív irányú volt. Itt megjegyezzük, hogy az izmoltsági paraméterek esetén az évenkénti csökkenés mértéke nagyon kicsi, jellemzően -0,05, ill. -0,07 pont/év volt.

A fenotípusos korrelációs értékek (7. táblázat) alapján megállapítható volt, hogy a borjazzási és választási tulajdonságok sem egymással, sem az izmoltsági paraméterekkel nem mutattak szoros kapcsolatot ($r = 0,00-0,24$). Ezzel szemben az izmoltsági pontszámok között szoros ($r = 0,61-0,92$) és statisztikailag megbízható ($p < 0,01$) összefüggést találtunk. Eredményeinkhez hasonlóan a SZS, ELP és KVS tulajdonságok között az asturiana de los valles fajta esetén *Gutiérrez és mtsai* (2007), a nellore fajta esetén *Chud és mtsai* (2014) nem találtak szoros összefüggést.

6. táblázat

A vizsgált tulajdonságok fenotípusos trendje

Tulajdonság (1)	Meredekség (bX) (2)			Tengelymetszet (a) (3)			Illeszkedés (4)	
	b	SE	p	a	SE	p	R ²	p
SZS (kg)	+0,54	0,20	<0,05	-1042,52	4407,67	<0,05	0,59	<0,05
ELP (pont) (14)	-0,01	0,02	NS	29,82	31,44	NS	0,14	NS
KVS (kg)	+3,18	0,44	<0,01	-6146,81	885,23	<0,01	0,91	<0,01
VIZ (pont)	-0,06	0,02	<0,05	134,90	38,18	<0,05	0,70	<0,05
HSZ (pont)	-0,06	0,01	<0,01	122,69	14,19	<0,01	0,93	<0,01
CKE (pont)	+0,01	0,03	NS	-16,01	59,19	NS	0,03	NS
FSZ (pont)	-0,05	0,06	NS	103,80	115,26	NS	0,13	NS
IVA (pont)	-0,07	0,02	<0,05	150,65	36,77	<0,01	0,76	<0,05
ÖIF (pont)	-0,51	0,20	<0,05	1077,82	401,49	<0,05	0,57	<0,05

SZS = születési súly (5); ELP = ellés lefolyási pontszám (6); KVS = 205 napra korrigált választási súly (7); VIZ = vállizmoltság (8); HSZ = hátszélesség (9); CKE = comb kerekedettsége (10); FSZ = farszélesség (11); IVA = izomvastagság az ágyékon (12); ÖIF = összesített izomfejlettség (13)

Table 6. The phenotypic trend of the estimated traits

traits (1); slope (2); intercept (3); fitting (4); SZS = birth weight (5); ELP = calving ease (6); KVS = 205-day weaning weight (7); VIZ = muscle score of shoulder (8); HSZ = muscle score of back (9); CKE = muscle score of thigh (10); FSZ = roundness score of thigh (11); IVA = loin thickness score (12); ÖIF = overall muscle development point (13); point (14)

7. táblázat

A vizsgált tulajdonságok közötti fenotípusos korrelációs értékek

r	ELP	KVS	VIZ	HSZ	CKE	FSZ	IVA	ÖIF
SZS	*0,13	*0,24	*0,13	*0,15	*0,08	*0,13	*0,13	*0,14
ELP		0,00	*0,09	*0,09	0,04	*0,08	*0,09	*0,09
KVS			*0,21	*0,20	*0,17	*0,24	*0,21	*0,24
VIZ				*0,86	*0,61	*0,68	*0,80	*0,90
HSZ					*0,63	*0,66	*0,82	*0,91
CKE						*0,67	*0,62	*0,79
FSZ							*0,65	*0,82
IVA								*0,92

$p < 0,05$; * $p < 0,01$; SZS = születési súly (1); ELP = ellés lefolyási pontszám (2); KVS = 205 napra korrigált választási súly (3); VIZ = vállizmoltság (4); HSZ = hátszélesség (5); CKE = comb kerekedtség (6); FSZ = farszélesség (7), IVA = izomvastagság az ágyékon (8); ÖIF = összesített izomfejlettség (9)

Table 7. Phenotypic correlation values between the estimated traits

SZS = birth weight (1); ELP = calving ease (2); KVS = 205-day weaning weight (3); VIZ = muscle score of shoulder (4); HSZ = muscle score of back (5); CKE = muscle score of thigh (6); FSZ = roundness score of thigh (7); IVA = loin thickness score (8); ÖIF = overall muscle development point (9)

4. Következtetések javaslatok

A munkánk során vizsgált öt miosztatin változat közül egyértelműen a Q204X bizonyult legnagyobb hatásúnak az ellési, választási és izmoltsággal összefüggő tulajdonságokra. Az említett mutáció csak heterozigóta formában volt jelen az értékelt charolais populációban, így a meglévő szakirodalmi információk megfelelően az ELP-ot és a SZS-t nem befolyásolta, de a KVS-ra egyértelműen kedvezően hatott. Szintén pozitív, bár jóval kisebb mértékű volt e változat hatása az izmoltsággal összefüggő tulajdonságokra. Ezért úgy gondoljuk, a nemesítő munka során célszerű lenne e mutációra figyelmet fordítani, a hordozók arányát generációról generációra növelni. Célszerű lenne jelen vizsgálatot időszakonként megismételni, mert szakirodalmi adatok alapján úgy tűnik, az allél homozigóta formában nehézellést okozhat.

Eredményeink alapján az F94L változat korábbi kutatásokban bemutatott kedvező hatása vizsgálatunkban nem volt kimutatható. Ennek egyik oka lehet, hogy az ezt hordozó egyedek aránya (kb. 5,5%) nagyon kicsi volt a vizsgált populációban. Másrészt, a hordozó egyedek jobb fenotípusos teljesítménye korábbi vizsgálatok alapján inkább a hizlalási és vágási tulajdonságokban volt kimutatható.

Az nt324 és az nt414 változatot hordozó egyedek aránya meglehetősen nagy volt (21,5%, ill. 48,1%) a vizsgált charolais populációban. A szakirodalomban ezek fenotípusos teljesítményére gyakorolt hatásáról nagyon kevés információt találtunk. Eredményeink alapján úgy tűnik, a homozigóta formában hordozó egyedek növekedési eréllyel összefüggő tulajdonságai jobbak lehetnek a nem hordozó egyedekénél.

6. Felhasznált irodalom

- Aiello, D. – Patel, K. – Lasagna, E. (2018): The Myostatin gene: an overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Anim. Genet.*, 49. 505–519. <https://doi.org/10.1111/age.12696>
- Allais, S. – Levéziel, H. – Payet-Duprat, N. – Hocquette, J. F. – Lepetit, J. – Rousset, S. – Denoyelle, C. – Bernard-Capel, C. – Journaux, L. – Bonnot, A. – Renand, G. (2013): The two mutations, Q204X and nt821, of the myostatin gene affect carcass and meat quality in young heterozygous bulls of French beef breeds. *J. Anim. Sci.*, 88. 446–454. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2385>
- Arango, J. A. – Cundiff, L. V. – van Vleck, L. D. (2002): Breed comparisons of Angus, Charolais, Hereford, Jersey, Limousin, Simmental and South Devon for weight, weight adjusted for body condition score, height, and body condition score in beef cows. *J. Anim. Sci.*, 80. 3123–3132. <https://doi.org/10.2527/2002.80123123x>
- Bellinge, R. H. S. – Liberles, D. A. – Iaschi, S. P. A. – O'Brien, P. A. – Tay, G. K. (2005): Myostatin and its implications on animal breeding: a review. *Anim. Genet.*, 36. 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2004.01229.x>
- Bene, Sz. – Polgár, J. P. – Szűcs, M. – Márton, J. – Szabó, E. – Szabó, F. (2022): Population genetic features of calving interval of the Limousin beef cattle breed in Hungary. *Acta Vet. Hung.*, 70. 113–120. <https://doi.org/10.1556/004.2022.00008>
- Casas, E. – Keele, J. W. – Fahrenkrug, S. C. – Smith, T. P. L. – Cundiff, L. V. – Stone, R. T. (1999): Quantitative analysis of birth, weaning, and yearling weights and calving difficulty in Piedmontese crossbreds segregating an inactive myostatin allele. *J. Anim. Sci.*, 77. 1686–1692. <https://doi.org/10.2527/1999.7771686x>
- Ceccobelli, S. – Perini, F. – Trombetta, M. F. – Tavoletti, S. – Lasagna, E. – Pasquini, M. (2022): Effect of myostatin gene mutation on slaughtering performance and meat quality in Marchigiana bulls. *Animals*, 12. 518. <https://doi.org/10.3390/ani12040518>
- Charlier, C. – Coppieters, W. – Farnir, F. – Grobet, L. – Leroy, P. L. – Michaux, C. – Mni, M. – Schwers, A. – Vanmanshoven, P. – Hanset, R. – Georges, M. (1995): The mh gene causing double-muscling in cattle maps to bovine Chromosome 2. *Mamm. Genom.*, 6. 788–792. <https://doi.org/10.1007/BF00539005>
- Chud, T. C. S. – Caetano, S. L. – Buzanskas, M. E. – Grossi, D. A. – Guidolin, D. G. F. – Nascimento, G. B. – Munari, D. P. (2014): Genetic analysis for gestation length, birth weight, weaning weight, and accumulated productivity in Nelore beef cattle. *Liv. Sci.*, 170. 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.09.024>
- Cunningham, M. – Latour, M. A. – Acker, D. (2005): *Animal science and industry*. 7th Edition. Pearson Prentice Hall, NJ, USA.
- Csürhész, T. – Szabó, F. – Holló, G. – Mikó, E. – Török, M. – Bene, Sz. (2023): Relationship between some myostatin variants and meat production related calving, weaning and muscularity traits in Charolais cattle. *Animals*, 13. 1895. <https://doi.org/10.3390/ani13121895>
- Dodenhoff, J. – van Vleck, L. D. – Gregory, K. E. (1999): Estimation of direct, maternal and grand maternal genetic effects for weaning weight in several breeds of beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 77. 840–845. <https://doi.org/10.2527/1999.774840x>
- Domokos, Z. – Tózsér, J. (2004): Küllemi bírálati szabályzat. Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete. Miskolc, Hungary. 25–33.
- Donoghue, K. A. – Bertrand, J. K. (2004): Investigation of genotype by country interactions for growth traits for Charolais populations in Australia, Canada, New Zealand and USA. *Liv. Prod. Sci.*, 85. 129–137. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(03\)00133-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(03)00133-7)
- Dunner, S. – Miranda, M. E. – Amigues, Y. – Canón, J. – Georges, M. – Hanset, R. – Williams, J. – Ménissier, F. (2003): Haplotype diversity of the myostatin gene among beef cattle breeds. *Genet. Sel. Evol.*, 35. 103–118. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-35-1-103>
- Elkina, Y. – von Haehling, S. – Anker, S. D. – Springer, J. (2011): The role of myostatin in muscle wasting: an overview. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2. 143–151. <https://doi.org/10.1007/s13539-011-0035-5>

- Eriksson, S. – Näsholm, A. – Johansson, K. – Philipsson, J. (2004): Genetic parameters for calving difficulty, stillbirth, and birth weight for Hereford and Charolais at first and later parities. *J. Anim. Sci.*, 82. 375–383. <https://doi.org/10.1093/ansci/82.2.375>
- Esmailzadeh, A. K. – Bottema, C. D. K. – Sellick, G. S. – Verbyla, A. P. – Morris, C. A. – Cullen, N. G. – Pitchford, W. S. (2008): Effects of the myostatin F94L substitution on beef traits. *J. Anim. Sci.*, 86. 1038–1046. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0589>
- Fördős, A. – Fürst-Waltl, B. – Baumung, R. – Bene, Sz. – Szabó, F. (2010): Estimation of genetic parameters for weaning traits in Austrian Charolais cattle fitting sire x year interaction as an additional random effect. *Züchtungskunde*, 82. 181–194.
- Georges, M. – Grobet, L. – Poncelet, D. – Royo, L. J. – Pirottin, D. – Brouwers, B. (1998): Positional candidate cloning of the bovine mh locus identifies an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle. In: 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, 11-16 January, 1998. 26. 195–204.
- González-Berrios, C. L. – Rivera-Serrano, A. – Casas-Guérnica, A. – Sonstegard, T. – Pagán-Morales, M. (2016): Molecular breeding values distribution in slick male and female Senepol cattle differing in musculature. *J. Anim. Sci.*, 94. suppl5 152. <https://doi.org/10.2527/jam2016-0317>
- Grobet, L. – Poncelet, D. – Royo, L. J. – Brouwers, B. – Pirottin, D. – Michaux, C. – Ménissier, F. – Zanotti, M. – Dunner, S. – Georges, M. (1998): Molecular definition of an allelic series of mutations disrupting the myostatin function and causing double-muscling in cattle. *Mamm. Genom.*, 9. 210–213. <https://doi.org/10.1007/s003359900727>
- Gutiérrez, J. P. – Goyache, F. – Fernández, I. – Alvarez, I. – Royo, L. J. (2007): Genetic relationships among calving ease, calving interval, birth weight, and weaning weight in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. *J. Anim. Sci.*, 85. 69–75. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-168>
- Hales, K. E. – Tait, R. G. – Lindholm-Perry, A. K. – Freetly, H. C. – Brown-Brandl, T. M. – Bennett, G. L. (2020): Effects of the F94L Limousin associated myostatin gene marker on metabolic index in growing beef heifers. *Appl. Anim. Sci.*, 36. 851–856. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02046>
- IBM Corporation (2020): SPSS Statistics for Windows. Version 27.0. Armonk, NY, USA.
- Kusza, Sz. – Hegedűs, B. – Domokos, Z. (2020): Útmutató a Weatherbys Scientific Bovine VersaSNP 50K chip-en található génvariánsok értelmezéséhez. Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete, Miskolc, Hungary 32–39.
- Lee, C. – Van Tassel, C. P. – Pollak, E. J. (1997): Estimation of genetic variance and covariance components for weaning weight in Simmental cattle. *J. Anim. Sci.*, 75. 325–330. <https://doi.org/10.2527/1997.752325x>
- Lines, D. S. – Pitchford, W. S. – Kruk, Z. A. – Bottema, C. D. K. (2009): Limousin myostatin F94L variant affects semitendinosus tenderness. *Meat Sci.*, 81. 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.007>
- Miranda, M. E. – Amigues, Y. – Boscher, M. Y. – Ménissier, F. – Cortés, O. – Dunner, S. (2002): Simultaneous genotyping to detect myostatin gene polymorphism in beef cattle breeds. *J. Anim. Breed. Genet.*, 119. 361–366. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0388.2002.00352.x>
- Mirhoseini, S. Z. – Zare, J. (2012): The role of myostatin on growth and carcass traits and its application in animal breeding. *Life Sci. J.*, 9. 2353–2357. <https://doi.org/10.7537/marslsj090312.340>
- Mosher, D. S. – Quignon, P. – Bustamante, C. D. – Sutter, N. B. – Mellersh, C. S. – Parker, H. G. – Ostrande, E. A. (2007): A mutation in the myostatin gene increases muscle mass and enhances racing performance in heterozygote dogs. *PLoS Genet.*, 3. e79. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0030079>
- Phocas, F. – Bloch, C. – Chapelle, P. – Bécherel, F. – Renand, G. – Ménissier, F. (1998): Developing a breeding objective for a French purebred beef cattle selection programme. *Liv. Prod. Sci.*, 57. 49–65. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00157-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00157-2)
- Sellick, G. S. – Pitchford, W. S. – Morris, C. A. – Cullen, N. G. – Crawford, A. M. – Raadsma, H. W. – Bottema, C. D. K. (2007): Effect of myostatin F94L on carcass yield in cattle. *Anim. Genet.*, 38. 440–446. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2007.01623.x>

- Short R. E. – MacNeil M. D. – Grosz M. D. – Gerrard D. E. – Grings E. E. (2002): Pleiotropic effects in Hereford, Limousin and Piedmontese F2 crossbred calves of genes controlling muscularity including the Piedmontese myostatin allele. *J. Anim. Sci.*, 80. 1–11. <https://doi.org/10.2527/2002.8011>
- Stinckens, A. – Luyten, T. – Bijttebier, J. – van den Maagdenberg, K. – Dieltiens, D. – Janssens, S. – Buys, N. (2008): Characterization of the complete porcine MSTN gene and expression levels in pig breeds differing in muscularity. *Anim. Genet.*, 39. 586–596. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2008.01774.x>
- Teixeira, B. B. M. – MacNeil, M. D. – da Costa, R. F. – Dionello, N. J. L. – Yokoo, M. J. – Cardoso, F. F. (2018) Genetic parameters and trends for traits of the Hereford and Braford breeds in Brazil. *Liv. Sci.*, 208. 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.12.008>
- Tozaki, T. – Miyake, T. – Kakoi, H. – Gawahara, H. – Sugita, S. – Hasegawa, T. – Ishida, N. – Hirota, K. – Nakano, Y. (2010): A genome-wide association study for racing performances in Thoroughbreds clarifies a candidate region near the MSTN gene. *Anim. Genet.*, 41. suppl2 28–35. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02095.x>
- Vallée, A. – van Arendonk, J. A. M. – Bovenhuis H. (2013): Genetic parameters for calving and conformation traits in Charolais x Montbéliard and Charolais x Holstein crossbred calves. *J. Anim. Sci.*, 91. 5582–5588. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6490>
- Wiener, P. – Woolliams, J. A. – Frank-Lawale, A. – Ryan, M. – Richardson, R. I. – Nute, G. R. – Wood, J. D. – Homer, D. – Williams, J. L. (2009): The effects of a mutation in the myostatin gene on meat and carcass quality. *Meat Sci.*, 83. 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.04.010>

Érkezett: 2024. január

Szerzők címe: Bene, Sz.* - Polgár, J. P.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Georgikon Campus
Authors' address: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Georgikon Campus
H-8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.
*levelező szerző, e-mail: bene.szabolcs.albin@uni-mate.hu

Csürhész, T. - Török, M.
Magyar Charolais Tenyésztők Egyesülete
National Association of Hungarian Charolais Cattle Breeders
H-3525 Miskolc, Vologda utca 3.

Holló, G.
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Kaposvár Campus
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Mikó, E.
Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar
University of Szeged, Faculty of Agriculture
H-6800 Hódmezővásárhely, Andrásy út 15.

Szabó, F.
Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István
University in Mosonmagyaróvár
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.