

HÚSHASZNÚ MAGYAR TARKA BORJAK VÁLASZTÁSI EREDMÉNYE*

3. Közlemény: GENOTÍPUS x KÖRNYEZET KÖLCSÖNHATÁS

FÖRDŐS ATTILA — FÜLLER IMRE — BENE SZABOLCS — SZABÓ FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők az apa x tenyészet kölcsönhatást vizsgálták magyar tarka fajtában, a Magyararka Tenyésztők Egyesülete adatbázisán. Az értékelésben 35 tenyészbika, két tenyészetben, 1992–2003 között született, 2345 ivadékanak (1260 bikaborjú és 1085 üszőborjú) adata szerepelt. A vizsgált tulajdonság a *választás előtti napi súlygyarapodás* (SGY) és a *205. napra korrigált választási súly* (KVS) volt. Az értékelt tényezők között a tenyészetet, a tehén elléskori életkorát, a születés évét, a születés évszakát és az ivart mint fix hatást, az apát, valamint az apa x tenyészet kölcsönhatást mint véletlen hatást vizsgálták. A két tenyészetben („A”–„B”) adott tulajdonság esetén kapott teljesítmények között genetikai korreláció (r_g), a tenyészbikák rangsora alapján pedig rang-korrelációs (r_{rang}) számítászt végeztek. Az adatfeldolgozáshoz *Harvey's* (1990) *Least Square Maximum Likelihood Computer Program*-ot és *SPSS 9.0 for Windows* programot használtak. Az eredmények a következőképp alakultak: $r_g = SGY_A - SGY_B$: 0,31 ($P < 0,01$); $KVS_A - KVS_B$: 0,22 ($P < 0,01$) és $r_{rang} = SGY$: -0,04 ($P > 0,05$); KVS : 0,078 ($P > 0,05$). A vizsgálat eredménye szerint a két tulajdonság esetében jelentős, és statisztikailag igazolható ($P < 0,001$) apa x tenyészet kölcsönhatást találtak a magyar tarka fajtában.

SUMMARY

Fördös, A. – Füller, I. – Bene, Sz. – Szabó, F.: WEANING PERFORMANCE OF BEEF HUNGARIAN FLECKVIEH CALVES. 3th Paper: GENOTYPE x ENVIRONMENT INTERACTION

The interaction of sire and herd in the Hungarian Fleckvieh beef cattle breed were examined in this study, based on data provided by the Hungarian Fleckvieh Breeders Association. Data of 2345 progeny (1260 male and 1085 female), born between 1992–2003, of thirty five sires from two herds were evaluated. *Pre-weaning daily gain* (PDG) and *205th day weight* (205dW) were analyzed. The herd, age of cows, year of birth, season of birth and sex of calves were treated as fixed effects, while sire and sire x herd were treated as random effects. Among the same performance data in the two herds („A”–„B”), genetic correlation (r_g) was examined, while the gradation of sire rank correlation (r_{rank}) was evaluated. Data were analyzed with *Harvey's* (1990) *Least Square Maximum Likelihood Computer Program* and *SPSS 9.0 for Windows*. Results were as follows: $r_g = PDG_A - PDG_B$: 0,31 ($P < 0,01$); $205dW_A - 205dW_B$: 0,22 ($P < 0,01$) and $r_{rank} = PDG$: -0,04 ($P > 0,05$); $205dW$: 0,078 ($P > 0,05$). According to the result of the examination, important and significant ($P < 0,001$) sire x herd interactions were found in the cases of the two traits in Hungarian Fleckvieh breed.

* A munkát az NKFP (4/0057/2004 és a 4/0025/2005) támogatta

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

E cikksorozatunk előző közleményeiben (Szabó és mtsai, 2006) beszámoltunk a magyar tarka borjak választási eredményét befolyásoló tényezőkről, a választási tulajdonságok populációgenetikai paramétereiről, a becsült tenyészártékekről. E munkánkban a borjak választási eredményében megnyilvánuló genotípus x környezet kölcsönhatásra vonatkozó vizsgálataink tapasztalatait mutatjuk be.

Régóta ismert jelenség, hogy különböző genotípusú populációk fenotípusosan mérhető tulajdonságai nem mindig azonos módon változnak meg a különböző környezeti feltételek hatására (Wilson, 1974). Kísérleti eredmények igazolták, hogy a különböző genotípusok a különböző környezeti feltételekre egymástól eltérő módon is reagálhatnak. Másképpen fogalmazva: eltérő genetikai felépítettségű egyedek adott környezet hatására különbözőképpen reagálnak, illetve azonos genotípusú egyedek eltérő környezeti feltételek között más-más fenotípusos értéket mutathatnak (Horn és Dohy, 1970). A genotípus x környezet kölcsönhatásnak a gyakorlatban számos esete lehet (Brandsch, 1974). Dickerson (1962) több környezeti faktort említ, amelyek különböző módon befolyásolhatják az egymástól eltérő genotípusú állományok teljesítményeit, és interakciót okozhatnak. A genetikai x környezeti kölcsönhatások vizsgálatára, az interakciós komponens becslésére, a két-, illetve többfaktoriális varianciaanalízis alkalmazható (Horn, 1978). Falconer (1952) azt javasolta, hogy az interakciók meghatározása a termelési eredmények közötti genetikai korrelációk segítségével történjen a különböző környezetekben. Genetikai szempontból ugyanis bármely tulajdonság két eltérő környezetben mérve, a mért értékmérő két külön tulajdonsággént kezelhető (Falconer és Mackay, 1996). Akkor, ha a becsült genetikai korreláció szoros, az értékelt tenyészállatok rangsora a környezettől független lesz. Ezzel szemben a laza genetikai korreláció, vagy a tulajdonságok teljes függetlensége azt jelenti, hogy a vizsgált tenyészállatok rangsora a két eltérő környezetben értékelve jelentősen különbözhet. A rangkorrelációs koefficiens kiszámításával tájékoztató adatok nyerhetők a genotípus x környezet kölcsönhatások azon típusára vonatkozóan, ahol a két környezetben a vizsgált genotípusok átlagos teljesítménye alapján felállított sorrendben különbségek mutatkoznak (Horn, 1978). A különböző környezeti tényezők, és az interakciók hatásának vizsgálatával számos hazai és külföldi kutató foglalkozott: Buchanan és Nielsen (1979); Czákó és mtsai (1979); Pahnish és mtsai (1983); Bertrand és mtsai (1985); Notter és mtsai (1992); Kovács és mtsai (1993); Morris és mtsai (1993); Tőzsér és mtsai (1996); De Mattos és mtsai (2000); Ferreira és mtsai (2001); Sandelin és mtsai (2002); Lengyel és mtsai (2003a); De Souza és mtsai (2003); Lengyel és mtsai (2003c); Ibi és mtsai (2005); Szabó és mtsai (2006). Az említett vizsgálatok egyértelműen a genotípus x környezet interakciók fontosságára utalnak.

Jelen munkánk célja, hogy eddig még nem vizsgált módon is értékeljük a magyar tarka borjak választási eredményét, és újabb adatokhoz jussunk a hazánkban tenyésztett magyar tarka bikák eltérő környezetben nyújtott teljesítményéről, tenyészértékéről, a genotípus x környezet (apa x tenyész) kölcsönhatásról.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálatunkat a Magyartarka Tenyésztők Egyesülete által rendelkezésre bocsátott adatbázis alapján végeztük. Az értékelésben 35 tenyészbika, két tenyészetben, 1992–2003 között született, 2345 ivadékának (1260 bikaborjú és 1085 üszőborjú) adata szerepelt. A vizsgált tulajdonság a *választás előtti napi súlygyarapodás* (SGY) és a *205. napra korrigált választási súly* (KVS) volt. Az értékelt tényezők között a tenyészetet, a tehén elléskori életkorát, a születés évét, a születés évszakát és az ivart mint fix hatást, az apát, valamint az apa x tenyészet kölcsönhatást mint véletlen hatást vizsgáltuk. A borjak életkora — születéstől választásig — kovariáló hatásként szerepelt a választás előtti napi súlygyarapodás esetében. Az 1. táblázat mutatja az egyes tulajdonságok hatásának becslésére alkalmazott modelleket.

Az adatbázis 2 tenyészetből — „A” és „B” tenyészetből — 35 tenyészbikától származó borjak adatát tartalmazta. Mindegyik bikának, mindkét tenyészetben voltak ivadéakai.

1. táblázat

A becslésre alkalmazott modellek

X Variancia forrása(1)	Osztályok(2)	Y	
		Súlygyarapodás g/nap(3)	205. napos súly, kg(4)
Apa(5)	35	+	+
Tenyészet(6)	2	+	+
Tehén kora(7)	15	****	****
Év(8)	12	****	****
Évszak(9)	4	****	****
Ivar(10)	2	****	****
Apa x tenyészet(11)	70	****	****
b _i (12)	—	****	—
Hiba(13)	—	+	+

* P<0,1; ** P<0,05; *** P<0,01; **** P<0,001

+=a modell része, de szignifikáns hatás nélkül(14); —=a modell ezt a hatást nem tartalmazza(15)

Table 1.: The statistical models

source of variance(1), classes(2), preweaning daily gain, g/day(3), 205-day weight, kg(4), sire(5), herd(6), age of cows(7), year(8), season(9), sex(10), sire x herd interaction(11), covariant (age of calves at weaning)(12), residual(13), part of the model, but significant level should not be calculated(14), the model doesn't include this effect(15)

A választás előtti napi súlygyarapodásra alkalmazott modell általános alakja az alábbiak szerint írható fel:

$$\hat{Y}_{ijklnop} = \mu + S_i + H_j + SH_{ij} + Y_k + E_l + C_m + I_n + b(X_{ijklnop} - \bar{X}) + e_{ijklnop}$$

ahol:

$Y_{ijklnop}$ = az i-edik apától, j-dik tenyészetben, i-edik apa, k-adik évben, l évszakban, m éves tehéntől, n ivarú, o korú választott borjú választási súlya, életnapra jutó súlygyarapodása

μ = az összes megfigyelés átlaga

S_i = a bika véletlen hatása

H_j = a tenyészet fix hatása

SH_{ij} = apa x tenyészet kölcsönhatás véletlen hatása

Y_k = a születési év fix hatása

E_l = az születési évszak fix hatása

C_m = a tehén elléskori életkorának fix hatása

I_n = az ivar fix hatása

b = regressziós koefficiens

$e_{ijklnop}$ = véletlen hiba

A 205. napra korrigált választási súly értékelési módja az előzőtől annyiban különbözik, hogy a borjak életkorát mint kovariánst, nem építettük be a modellbe. A modell a következőképp alakult:

$$\hat{Y}_{ijklmnop} = \mu + S_i + H_j + SH_{ij} + Y_k + E_l + C_m + I_n + e_{ijklmnop}$$

A bikák tenyésztérték-bebecsléséhez apamodellt alkalmaztunk. Az *apamodell* vegyes modell, mely fix és véletlen hatásokat vesz figyelembe. Az *egyedmodell*-től abban tér el, hogy alkalmazásához csak az apa ismeretére van szükség, az egyed többi rokon kapcsolatára nem. A becslést *Harvey's (1990) Least Square Maximum Likelihood Computer Program* segítségével végeztük.

A két tenyészetben a tulajdonságok fenotípusos értékeit felbontottuk genetikai és környezeti értékekre. A tenyészetek közötti genetikai korrelációkat adott tulajdonság genetikai értékei között számoltuk az alábbi képlet segítségével:

$$r_g = \sigma_{G_1G_2} / \sqrt{\sigma_{G_1}^2 \times \sigma_{G_2}^2}$$

ahol:

r_g = genetikai korreláció
 $\sigma_{G_1G_2}$ = a két tulajdonság kovarianciája
 $\sigma_{G_1}^2$ = az adott tulajdonság varianciája az egyik tenyészetben
 $\sigma_{G_2}^2$ = az adott tulajdonság varianciája a másik tenyészetben

A tenyész bikák között kialakult rangsor alapján rang-korrelációs koefficiens számítását végeztünk.

Az adatokat Microsoft Excel XP program segítségével rendeztük, majd varianciaanalízist, illetve rang-korrelációs koefficiens számítását végeztünk SPSS 9.0 szoftverrel.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELESÜK

A vizsgálat eredménye szerint — amint az *1. táblázatban* látható — a tehének elléskori életkora, az év, az évszak, az ivar, az apa x tenyészet kölcsönhatás, valamint a választási életkor szignifikánsan ($P < 0,001$) befolyásolta a választás előtti napi súlygyarapodást és a 205. napos súlyt. Ezen eredmények hasonlóak *Tózsér és mtsai (1996)*, *Lengyel és mtsai (2003c)*, valamint *Szabó és mtsai (2006)*, eredményeihez.

A vizsgált tényezők hozzájárulását a teljes varianciához a *2. táblázat* szemlélteti. Jól látszik, hogy az apa és a tenyészet önmagában nem, de együttesen már szignifikánsan befolyásolta mindkét tulajdonságot. Legnagyobb hatása 205. napos súly esetén az ivarnak (51,05 %) volt, ami hasonló *Kovács és mtsai (1993)*, valamint *Lengyel és mtsai (2003c)* eredményeihez. Súlygyarapodás esetében legjelentősebb hatása a tehén korának (27,72%) volt, ami eltér *Szabó és mtsai (2006)* eredményeitől. Az interakciós komponens mindkét tulajdonság esetén csupán az ötödik legjelentősebb varianciaforrás volt, az összvariancia mindössze 5,23–3,09%-át adva. Ugyancsak szignifikáns apa x tenyészet kölcsönhatást figyeltek meg *Buchanan és Nielsen (1979)*, *Pahnish és mtsai (1983)*, *Notter és mtsai (1992)*, *Ferreira és mtsai (2001)*, *De Souza és mtsai (2003)*, *Ibi és mtsai (2005)* is.

2. táblázat

A varianciaforrások aránya az összvarianciában, %

Variancia forrása(1)	Súlygyarapodás(2)	205. napos súly(3)
Apa(4)	+	+
Tenyészet(5)	+	+
Tehén kora(6)	27,72	18,21
Év(7)	29,09	17,06
Évszak(8)	17,22	10,12
Ivar(9)	20,71	51,50
Apa x tenyészet(10)	5,23	3,09

Table 2.: The contribution of source of variance to total variance, %
source of variance(1), preweaning daily gain(2), 205th day weight(3), sire(4), herd(5), age of cows(6), year(7), season(8), sex of calf(9), sire x herd interaction(10)

A két tenyészetben, a teljesítmény adatok között számolt genetikai korrelációkat a 3. táblázat tartalmazza. Robertson (1959) szerint a genotípus x környezet interakciónak akkor van jelentősége, ha a különböző tenyészetekben mért azonos tulajdonságok közötti genetikai korreláció 0,8-nál kisebb. Az eredményekből jól látszik, hogy a genotípus x környezet kölcsönhatás jelentősnek bizonyult mindkét tulajdonság esetén, mivel az említettnél kisebb ($r_g=0,22-0,31$) genetikai korrelációs együtthatókat kaptunk. Ez megegyezik Ferreira és mtsai (2001), De Souza és mtsai (2003), valamint a választási súly esetében Buchanan és Nielsen (1979) eredményeivel.

3. táblázat

Genetikai korrelációk az „A” és „B” tenyészet között (r_g)

	Súlygyarapodás, g/nap(1)	205. napos súly, kg(2)
Súlygyarapodás, g/nap(1)	0,31***	—
205. napos súly, kg(2)	—	0,22***

*=P<0,1; **=P<0,05; ***=P<0,01; ****=P<0,001

Table 3.: Genetic correlations between "A" and "B" herds
preweaning daily gain(1), 205th day weight(2)

A 4. táblázat az értékelt bikák tenyészértékét mutatja. A becült tenyészértékek alapján a bikák rangsorát az 5. táblázat és az 1. ábra szemlélteti.

A táblázatokból és az ábrán jól látszik, hogy az apa x tenyészet kölcsönhatás olyan mértékű volt, hogy az rangsor változást idézett elő.

A kiszámított rang-korrelációs koefficiens — 6. táblázat — $r_{rang}=SGY: -0,04$; $KVS: 0,07$ volt, és nem volt szignifikáns, ami azt jelenti, hogy az egyes genotípusok teljesítményének egyik környezetben történő méréséből semmilyen következtetés nem vonható le arra vonatkozóan, hogy a másik környezetben milyen irányú és jellegű teljesítményváltozásra számíthatunk.

A tenyészbikák becsült tenyészértéke

Apa KLS(1)	Ivadékok száma(2)		Súlygyarapodás, g/nap(3)		205. napos súly, kg(4)	
	Tenyészet(5)					
	„A”	„B”	„A”	„B”	„A”	„B”
12314	56	60	-8,26	-62,91	-2,11	-9,27
12316	115	145	15,26	40,05	1,94	9,38
12433	16	14	-0,95	-9,53	1,63	-3,23
12637	12	25	21,49	35,11	2,95	5,63
12860	22	84	-22,77	-52,87	-5,96	-8,66
12916	7	89	-25,79	-5,80	-5,63	-3,88
12928	106	62	4,38	38,87	-1,06	2,86
12930	62	81	-103,58	-22,18	-20,48	-6,28
13178	16	51	9,51	52,76	2,81	12,05
13179	27	24	-51,06	68,10	-8,62	14,24
13832	37	12	16,99	-46,88	-0,32	-11,72
13874	5	6	-19,00	-20,68	-3,74	-3,62
13949	18	16	-87,47	-16,94	-17,41	-1,59
13950	15	29	-60,81	-47,58	-12,99	-5,90
13951	14	21	-37,67	-23,27	-6,15	-4,35
14007	6	8	19,36	2,43	2,15	3,07
14180	68	31	-31,61	25,82	-6,01	7,23
14283	33	23	71,89	5,68	14,44	0,83
14459	21	18	16,65	7,00	2,20	0,12
14502	38	10	-16,09	55,70	-0,89	13,53
14588	104	122	39,44	12,69	7,84	1,40
14595	43	104	28,23	-29,48	1,68	-4,61
14733	11	8	40,59	-43,50	7,80	-7,65
14816	6	53	-8,17	56,41	-1,75	11,53
14895	8	27	-23,28	-10,12	-4,46	-0,58
15504	15	8	58,08	-26,74	9,99	-6,62
15505	19	60	69,64	-36,88	12,96	-4,40
15506	14	11	18,26	-45,37	0,34	-8,64
15510	13	22	30,39	17,02	9,16	1,96
15603	22	40	-14,00	45,78	2,00	7,88
15670	5	11	15,75	-22,32	2,07	-6,19
15895	9	13	-80,61	-17,54	-17,17	-4,28
16114	9	14	18,08	-27,55	7,53	-8,36
16242	13	19	35,19	5,62	8,06	0,10
16466	13	26	18,54	15,46	6,05	2,18

Table 4: Breeding value of sires
sires number(1), number of progeny(2), preweaning daily gain(3), 205th day weight(4), herd(5)

5. táblázat

A tenyészbikák rangsora a két tenyészetben

Apa KLS(1)	Súlygyarapodás, g/nap(3)		205. napos súly, kg(4)	
	Tenyészet(5)			
	„A”	„B”	„A”	„B”
12314	22.	35.	24.	34.
12316	17.	6.	16.	5.
12433	20.	18.	18.	19.
12637	9.	8.	10.	8.
12860	26.	34.	28.	33.
12916	28.	17.	27.	21.
12928	19.	7.	22.	10.
12930	35.	23.	35.	28.
13178	18.	4.	11.	3.
13179	31.	1.	31.	1.
13832	14.	32.	20.	35.
13874	25.	22.	25.	20.
13949	34.	20.	34.	18.
13950	32.	33.	32.	26.
13951	30.	25.	30.	23.
14007	10.	16.	13.	9.
14180	29.	9.	29.	7.
14283	1.	14.	1.	14.
14459	15.	13.	12.	15.
14502	24.	3.	21.	2.
14588	5.	12.	6.	13.
14595	8.	28.	17.	25.
14733	4.	30.	7.	30.
14816	21.	2.	23.	4.
14895	27.	19.	26.	17.
15504	3.	26.	3.	29.
15505	2.	29.	2.	24.
15506	12.	31.	19.	32.
15510	7.	10.	4.	12.
15603	23.	5.	15.	6.
15670	16.	24.	14.	27.
15895	33.	21.	33.	22.
16114	13.	27.	8.	31.
16242	6.	15.	5.	16.
16466	11.	11.	9.	11.

Table 5.: Ranking of sires
as in Table 4.(1, 3–5)

1. ábra: Tenyészbikák rangsorváltozása

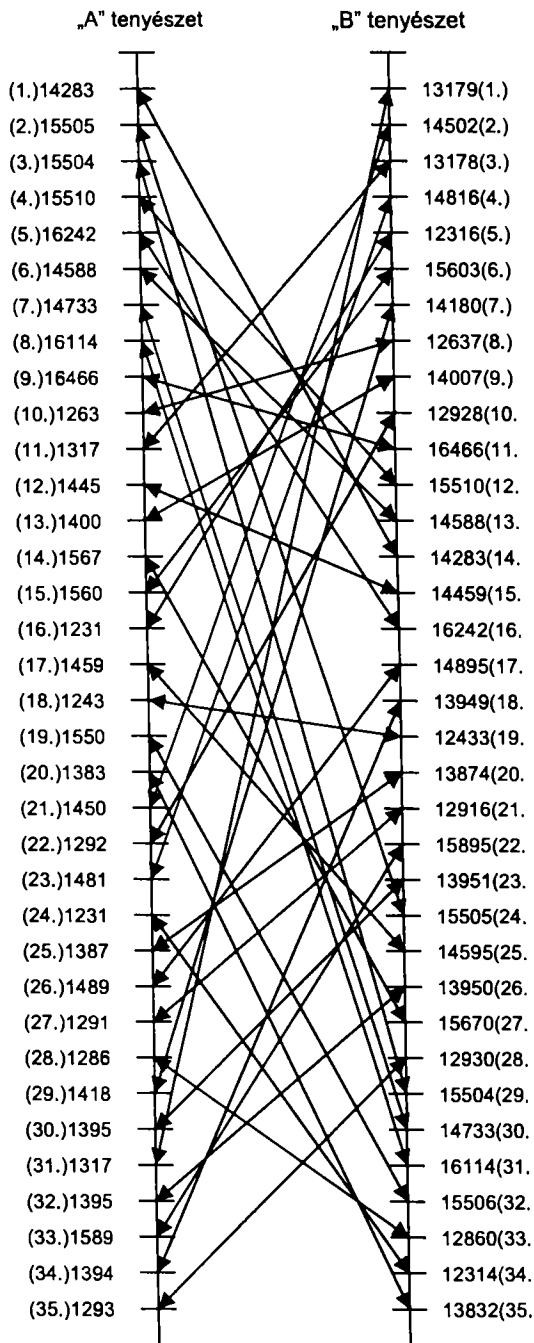


Fig. 1.: Reranking of sires

6. táblázat

Rang korrelációk

Tenyészet(1)	„A”	„B”
	Rang korrelációk SGY (r_{rang})(2)	
„A”	1	-0,044 $P>0,05$
„B”	-0,044 $P>0,05$	1
	Rang korrelációk KVS (r_{rang})(2)	
„A”	1	0,078 $P>0,05$
„B”	0,078 $P>0,05$	1

Table 6.: Rank correlations
herd(1), rank correlations(2)

Eredményeink hasonlóak *Bertrand és mtsai* (1985), *Notter és mtsai* (1992) megállapításaihoz, akik olyan mértékű apa x tenyészet kölcsönhatást találtak, amelyek a különböző tenyészetekben, tenyészkörzetekben rangsorváltozást idéztek elő a tenyész bikák között.

KÖVETKEZTETÉSEK

Összességében elmondható, hogy jelentős apa x tenyészet kölcsönhatást mutattunk ki a választás előtti súlygyarapodás és a 205. napos választási súly kapcsán a magyar tarka fajtában.

A genotípus x környezet kölcsönhatást olyan mértékűnek találtuk, amely a választási eredmények alapján a tenyész bikák rangsorváltozását is eredményezte.

A megállapított kölcsönhatás arra hívja fel a figyelmet, hogy a magyar tarka bikák értékelése során körültekintően kell eljárunk, ha nem abban a környezetben használjuk őket, ahol a minősítésük történt, ugyanis a tenyészértékbecslési eljárás megbízhatósága csökkenhet, ha az interakciókat figyelmen kívül hagyjuk. Ennek kiküszöbölésére már több tenyészérték-becslési módszer (pl.: BREEDPLAN) matematikai modellje veszi figyelembe a bika–tenyészet kölcsönhatást is.

IRODALOM

- Bertrand, J.K. – Berger, P.J. – Willham, R.L.*(1985): Sire x environment interactions in beef cattle weaning weight field data. *J. Anim. Sci.*, 60. 1396–1402.
- Brandsch, H.*(1974): Genetische Grundlagen der Genotyp-Umwelt-Wechselwirkungen und ihre züchterische Nutzung in Vergangenheit und Zukunft. *Proc. Symp. Genotyp-Umwelt-Wechselwirkungen*. Karl-Marx-Univ., Leipzig
- Buchanan, D.S. – Nielsen, M.K.*(1979): Sire by environment interactions in beef cattle field data. *J. Anim. Sci.*, 48. 307–312.
- Czakó, J. – Tamássy, J.-né – Sántha, T. – Eöry, A. – Batiz, G.*(1979): Genotípus–környezet interakciók vizsgálata a szarvasmarha tej- és hústermelésében. *Állattenyésztés*, 28. 6.
- De Mattos, D. – Bertrand, J.K. – Misztal, I.*(2000): Investigation of genotype x environment interactions for weaning weight for Herefords in three countries. *J. Anim. Sci.*, 78. 2121–2126.

- De Souza, J.C. – Gadini, C.H. – Da Silva, L.O.C. – Ramos, A.A. – Euclides Filho, K. – De Alencar, M.M. – Ferraz Filho, P.B. – Van Vleck, L.D.(2003): Estimates of genetic parameters and evaluation of genotype x environment interaction for weaning weight in Nellore cattle. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 11. 2. 94–100.
- Dickerson, G.E.(1962): Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. Anim. Prod., 4. 47–63.
- Falconer, D.S.(1952): The problem environment and selection. Amer. Naturalist, 86. 293.
- Falconer, D.S. – Mackay, T.F.C.(1996): Introduction to Quantitative Genetics. 4th Ed. Longman, London
- Ferreira, V.C.P. – Penna, V.M. – Bergmann, J.A.G.(2001): Genotype environmental interaction in some growth traits of beef cattle in Brazil. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 53. 3. 385–392. ISSN 0102–0935
- Horn, A. – Dohy, J.(1970): A világ szarvasmarhafajtái, értékelésük és nemesítésük. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Horn, P.(1978): A genotípus x környezet kölcsönhatás. In: A genetika alkalmazásának időszéri kérdései az állattenyésztésben. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 69–73.
- Ibi, T. – Hirooka, H. – Kahi, A.K. – Sasae, Y. – Sasaki, Y.(2005): Genotype x environment interaction effects on carcass traits in Japanese Black cattle. J. Anim. Sci., 83. 1503–1510.
- Kovács, A. – Szűcs, E. – Völgyi Csik, J.(1993): A tenyészkörzet, az évszak és az ivar szerepe a limousin borjak választási teljesítményében. Állattenyésztés és Takarmányozás, 42. 2. 117–130.
- Lengyel, Z. – Domokos, Z. – Márton, D. – Erdei, I. – Wagenhoffer, Zs. – Szabó, F.(2003a): Weaning performance of Charolais beef calves in Hungary. 54rd Ann. Meet. of EAAP, Roma, Italy, 41.
- Lengyel, Z. – Komlósi, I. – Balika, S. – Major, T. – Erdei, I. – Szabó, F.(2003c): Hazai limousin állományok reprodukciós és választási eredményeinek vizsgálata. 1. közlemény: Apa modell. Állattenyésztés és takarmányozás, 52. 1. 25–38.
- Morris, C.A. – Baker, R.L. – Hickey, S.M. – Johnson, D.L. – Cullen, N.G. – Wilson, J.A.(1993): Evidence of genotype by environment interaction for reproductive and maternal traits in beef cattle. Anim. Prod., 56. 69–83.
- Notter, D.R. – Tier, B. – Meyer, K.(1992): Sire x Herd Interactions for Weaning Weight in Beef Cattle. J. Anim. Sci., 70. 2359–2365.
- Pahnish, O.F. – Koger, M. – Urlick, J.J. – Burns, W.C. – Butts, W.T. – Richardson, G.V.(1983): Genotype x environment interaction in Hereford cattle: III. Postweaning trait of heifers. J. Anim. Sci., 56. 5. 1039–1046.
- Robertson, A.(1959): The sampling variance of genetic correlation coefficient. Biometrics, 15. 469–485.
- Sandelin, B.A. – Jr. Brown, A.H. – Brown, M.A. – Johnson, Z.B. – Kellogg, D.W. – Stelzleni, A.M. (2002): Genotype x environmental interaction for mature size and rate of maturing for Angus, Brahman, and reciprocal-cross cows grazing bermudagrass or endophyte infected fescue. J. Anim. Sci., 80. 3073–3076.
- Szabó, F. – Füller, I. – Fördös, A. – Keller, K. – Nagy, B. – Nagy, L. – Bene, Sz.(2006): Húshasznú magyar tarka borjak választási eredménye 1. Közlemény: Környezeti hatások. Állattenyésztés és Takarmányozás, 54. 4. 333–342.
- Tózsér, J. – Dobora, L. – Domokos, Z. – Kertész, I. – Zsoltész, S.(1996): Charolais borjak választási teljesítményének értékelése egy törzstenyészetben. Állattenyésztés és Takarmányozás, 45. 4. 349.
- Wilson, S.P.(1974): Genotype by environment interaction in the context of animal breeding. 1st World Cong. Genet. Livest. Prod., Madrid, 1. 393.

Érkezett: 2007. június
 Szerzők címe: Pannon Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar
 Authors' address: University of Pannonia, Georgikon Faculty of Agriculture
 H-8360 Keszhely, Deák F. u. 16.