

REGRESSZIÓS MODELLEK AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSBEN

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

MÁRKUS SZILÁRD — FAZEKAS ISTVÁN — KOMLÓSI ISTVÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők jelen közleményükben az állattenyésztésben használt regressziós modelleket tekintik át. A regressziós modellek az ismételhetőségi modellből alakultak ki. A két fő változatuk a fix és a random regressziós modell. Előbbi esetében a fix hatásokat, míg az utóbbinál a random hatásokat is regresszióval becsüljük. A becslés során különböző függvényeket alkalmazunk a fix és véletlen hatások modellezésére. A leggyakrabban a Legendre-polinomot használjuk. A tejhasznosítású szarvasmarhák termelési adataira gyakran használt két függvény a Wilmink- és az Ali-Schaeffer-féle függvény. A regressziós modellek minden olyan termelési tulajdonságra alkalmazhatók, amelyek ismétlődve fejeződnek ki.

SUMMARY

Márkus, Sz. – Fazekas, I. – Komlósi, I.: REGRESSION MODELS IN ANIMAL BREEDING

The authors review the regression models used in animal breeding in this paper. The regression models evolved from the repeatability model. There are two main variants of them, the fix and the random regression models. In the former case the fix, in the latter case both the fix and random effects are estimated with regression. Different functions are used to model the fix and random effects. Legendre polynomials are used in most of the cases. Wilmink and the Ali-Schaeffer functions are often used by the analysis of dairy cattle data. Any kind of longitudinal data can be analysed with regression models.

BEVEZETÉS

Az állatnemesítés kulcseleme a tenyésztérték-becslés. *Henderson* 1949-ben olyan tenyésztérték-becslési módszert közölt, amellyel a fix hatásokat, és a tenyésztértékeket egyszerre lehet becsülni. Ezt az eljárást legjobb lineáris torzítatlan becslésnek nevezte (best linear unbiased prediction – BLUP). Az elmúlt több mint ötven évben a világ számos országában vezették be a BLUP-ot a tenyésztérték becslésben. A BLUP több változatát — egyedmodell (*animal model*), apamodell (*sire model*), anyai-nagyapa modell (*maternal grandsire model*), ismételhetőségi modell (*repeatability animal model*) — használják azóta is gazdasági állatfajták tenyésztértékének meghatározására. *Mrode* (2005) könyvében részletesen foglalkozik a BLUP változatainak bemutatásával, *Szőke és Komlósi* (2000) az egyed-, apa- és anyai-nagyapa modelleket közleményükben hasonlították össze. A BLUP-ot egyre több területen váltják fel a regressziós modellek, amik a BLUP továbbfejlesztésének tekinthetők.

Közleményünk célja áttekintést nyújtani az állattenyésztésben használt regressziós modellek elméletéről többek között a tejhasznosítású szarvasmarhák tenyésztérték-becslésében alkalmazott befejési nap modell bemutatásán keresztül.

Az értékmérő tulajdonságokat befolyásoló fix és random hatások

Egy termelési tulajdonságot számos tényező hatása alakítja ki. A matematikai modellben szereplő tényezőket statisztikai szempontból fix és véletlen (random) tényezőkre oszthatjuk fel. A fix tényezők hatását a modellben ismeretlen állandónak (paraméternek), míg a véletlen tényezők hatását véletlen (valószínűségi) változónak tekintjük. A fix tényezők azok a tényezők, melyekben az osztályok magukban foglalják mindazokat a számunkra fontos osztályokat, melyek megfigyelhetők. Ha egy tényező osztályainak száma kicsi, és egy elméletben végrehajtott végtelen sokszori mintavételezés után is ugyanaz marad, akkor a tényező fix. Fix tényező lehet például az ivar, a születési év, az ellési év, alomnagyság stb.

A véletlen tényezőkre jellemző, hogy szintjeikre úgy tekinthetünk, mintha azok végtelen nagy számú lehetséges szintből véletlenszerűen lennének kiválasztva. Véletlen tényezőként legtöbbször az egyed additív genetikai hatása szerepel.

Az 1. táblázatban néhány konkrét tenyésztérték-becslési modellben szereplő fix és véletlen hatásokat mutatunk be.

Tejtermelésre vonatkozó regressziós egyenletek

A fix és random regressziós modellek jelenlegi legelterjedtebb alkalmazási területe a tejhasznosítású szarvasmarhák tenyésztérték-becslése, ezért a közlemény további részében az ezen területen használt módszereken keresztül ismertetjük a regressziós egyenleteket.

Az utóbbi években az INTERBULL számos tagországában vezették be a befejési nap (BN) modellt (*test day model*). Ennek oka, hogy a befejésekből származó adatok vizsgálata pontosabb becslést eredményez.

1. táblázat

Példák fix és random hatásokra

	Értékmérő tulajdonság(1)	Fix hatás(2)	Véletlen hatás(3)	Hivatkozás(4)
Húshasznosítású szarvasmarha(5)	választási súly(6)	az anya életkora az ellés idején(7), ivar(8), anya színváltozata(9), születési év(10), születési évszak(11)	apai hatás (12)	<i>Bene és mtsai</i> (2007)
	születési súly (13), választási súly (6), éveskori súly (14), kifejelettkori súly (15)	ivar(8), születés típusa(16), telep×év× hónap(17)	az egyed additív genetikai hatása(18), anyai hatás(19), állandó környezeti hatá (20)	<i>Meyer</i> (1992, 1997); <i>Meyer és Hill</i> (1997)
Tejhasznosítású szarvasmarha(21)	tejmennyiség(22), tejsír mennyiség(23), tejfehérje mennyiség(24), szomatikus sejtszám(25)	laktáció sorszáma(26), ellési kor(27), ellési évszak(28), régió(29)	az egyed additív genetikai hatása(18), állandó környezeti hatás(20)	<i>Swalve</i> (2000)
Sertés(30)	testsúly(31)	tenyésztvonal(32), mérés(33), mérés dátuma(34)	az egyed additív genetikai hatása(18), apai hatás(12)	<i>Huisman és mtsai</i> (2002)
	hízalási napok száma(35), a vizsgálat ideje alatti takarmányfelvétel 36), értékes húsrészek(37)	ivar(8), a vizsgálat éve×a vizsgálat hónapja(38), teljesítményvizsgáló állomás(39)	az egyed additív genetikai hatása(18), közös alomhatás(40)	<i>Nagy és mtsai</i> (2004)
		telep×év (modelltől függően fix, vagy random)(41)		
Juh(42)	szomatikus sejtszám (25)	nyáj×év(43), az anya életkora az ellés idején(44), az ellés hónapja(45), született bárányszám(46), az apai csoportok fix hatása(47)	az apai hatás (12)	<i>Rupp és mtsai</i> (2003)
Ló(48)	kilométerenkénti versenyidő (49)	ivar(8), versenypálya(50), kondíció(51), verseny hossza(52), hajtó(53), a verseny éve×verseny évszaka(54)	az egyed additív genetikai hatása (18), állandó környezeti hatás(20)	<i>Bugislaus és mtsai</i> (2006)

Table 4: Examples for fixed and random effects

trait(1), fixed effects(2), random effects(3), publications(4), beef cattle(5), weaning weight(6) dams age at calving(7), sex(8), dams colour(9), birth year(10), birth season(11), sire effect(12), birth weight(13), yearling weight(14), final weight(15), birth type(16), herd×year×month(17), additive genetic effect of the animal(18), maternal effect(19), permanent environmental effect(20), dairy cattle(21), milk yield(22), fat yield(23), protein yield(24), somatic cell count(25), lactation(26), age at calving(27), season of calving(28), region(29), swine(30), body weight(31), line(32), measurement(33), date of measurement(34), days of test(35), total amount of feed consumed during the test(36), valuable lean cuts(37), year×month (of the station test)(38), station(39), common environmental litter effects(40), herd×year (fixed or random depending on the model)(41), sheep(42), flock×year(43), age at lambing(44), month of lambing(45), number of lambs born(46), fixed sire group effect(47), horse(48), racing time per km(49), race track(50), condition(51), distance of race(52), driver(53), year of race×season of race(54)

Alkalmazása során több hatás vehető figyelembe, kiküszöbölhetők vele a nem egységes mintavételezésből származó eltérések. Ez azért is fontos lehet, mert az állományméret aprózásával még inkább eltérőek lesznek a kezelési csoportok, a napi befejeések száma, a tejtermelési ellenőrzések száma, ráadásul egyre több üzem vesz részt különböző takarmányozási kísérletekben, ami befolyásolhatja a tejtermelést. A BN modell alkalmas a perzisztencia kiszámítására is. További előnyük, hogy a teljes és részleges laktációra vonatkoztatva is számítható velük tenyészérték, és a közöttük lévő korreláció is. Sajnos a nagyszámú befejeési nap adat miatt nagy a módszer számolási igénye, de a számítástechnika fejlődésével ezen igények egyre könnyebben elégíthetők ki. A BN modelleket Szyda és Liu (1999), valamint Jensen (2001) közleményükben tekintik át.

A BN modell az ismételhetőségi modell továbbfejlesztett változata. A modell alapegyenlete:

$$Y_{ij} = f_i + a_j + pe_j + e_{ij}, (1)$$

ahol:

Y_{ij} : a j-edik tehén napi termelése, amely tehén az i-edik populációhoz tartozik,

f_i : az i-edik populációhoz tartozó tehenekre vonatkozó fix hatás,

a_j : a j-edik tehénre vonatkozó additív genetikai hatás,

pe_j : a j-edik tehén laktációja során fellépő állandó környezeti hatás,

e_{ij} : a véletlen hiba.

A BN modellnek két fő változata a fix regressziós modell (*fixed regression model*), és a random regressziós modell (*random regression model*). A *fix regressziós* (FR) modell (Reents és mtsai, 1995) az ismételhetőségi modelltől abban különbözik, hogy a fix hatásokat regresszióval adja meg. Ezek a fix hatások egy laktációs görbével jellemezhetők, amely laktációs görbe különböző módon változhat aszerint, hogy a vizsgált egyed melyik populációban termel, hányadik laktációjában van, mekkora volt az életkora az ellés idején, milyen hónapban ellett. A FR modell alakja:

$$y_{ij}(t) = htd_i + \sum_{n=1}^{n_p} \beta_n x_{jn}(t) + a_j + pe_j + e_{ij}, (2)$$

ahol

a jelölések ugyanazok, mint (1)-es számú egyenletben, a következőkkel kiegészítve:

htd_i : az i-edik populációhoz tartozó, a laktációban eltöltött napok számától független fix hatás,

β_n : a megfelelő laktációs görbéhez tartozó n-edik regressziós együttható,

x_{jn} : a laktációs görbe n-edik görbe paramétere,

t: a tehén adott laktációjában eltöltött napjainak számát jelöli (*days in milk*, DIM).

Ezekben a modellekben feltételezzük, hogy az additív genetikai, a tartós környezeti hatás, valamint az összes variancia komponens állandó egy laktáció során. Ez azonos korrelációt eredményez bármely két befejezés között, függetlenül attól, hogy időben milyen távol vannak egymástól. Habár a különböző életkor x ellési évszak x párosítási csoportokhoz különböző laktációs görbék tartoznak, az egyes egyedekre vonatkozó laktációs görbék nem hozhatók létre.

Ez azt jelenti, hogy az egy csoportba tartozó egyedek közötti genetikai különbségek csak a laktációs görbék magasságában fejeződnek ki.

A *random regressziós* (RR) modell (Olori és mtsai, 1999) a FR modell „finomítása”. A RR modellben az additív genetikai, és az állandó környezeti hatást is regresszióval becsülhető:

$$y_{ij}(t) = htd_i + \sum_{n=1}^{n_f} \beta_n x_{jn}(t) + \sum_{n=1}^{n_p} \alpha_n x_{jn}(t) + \sum_{n=1}^{n_p} \gamma_n x_{jn}(t) + e_{ij}(t), (3)$$

ahol

α_n : az additív genetikai hatás n-edik regressziós együtthatója,

γ_n : az állandó környezeti hatás n-edik regressziós együtthatója.

A fix és a random regressziós modell is tartalmaz az időtől független, valamint az időtől függő fix hatást is. A különbség a két modell között az, hogy a RR modell esetén az additív genetikai-, és az állandó környezeti hatás is függ az időtől, vagyis attól, hogy a laktáció melyik szakaszát vizsgáljuk. RR modellel tehát minden egyedre külön-külön adható meg laktációs görbe, így pontosabban szemléltethető az egyedek közötti genetikai különbség. Random regressziós modelleket akkor érdemes használni, ha a vizsgált tulajdonság ismétlődve fejeződik ki, azaz különböző időpontokban, vagy környezetekben. Ebben az esetben a vizsgált hatás fokozatosan változik az idő, vagy más folytonos változó függvényében (pl. hőmérséklet, tengerszint feletti magasság, csapadékmennyiség). Ha a véletlen hatásokat az életkor függvényében modellezzük, akkor a különböző időpontokhoz tartozó (ko)variancia egy folytonos függvényvel jellemezhető. Az ismételt méréseket többtulajdonságos modellel is le lehetne írni. A random regresszió előnye, hogy az adott tulajdonságot a függő változó minden pontjában, azaz minden korban lehet mérni, és azt nem kell szakaszokra osztani.

Különböző típusú görbék használhatók a BN modellekben a tejtermelést befolyásoló fix és random hatások modellezésére. Ezek lehetnek többek között a Wilmlink függvény, az Ali-Schaeffer függvény, vagy ortogonális polinomok (például Legendre-polinomok).

Wilmlink függvény:

$$f(t) = \beta_0 + \beta_1 z_t + \beta_2 e^{-0,05 z_t}, (4)$$

Ali-Schaeffer függvény:

$$f(t) = \beta_0 + \beta_1 z_t + \beta_2 z_t^2 + \beta_3 \ln(z_t^{-1}) + \beta_4 \ln^2(z_t^{-1}), (5)$$

ahol: z_t : a laktációban töltött napok számának függvénye. Általában $z_t = t$ vagy $z_t = t/305$.

Legendre-polinomok:

$$\phi_n(t) = \frac{1}{2^n} \sqrt{\frac{2n+1}{2}} \sum_{k=0}^{\left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor} (-1)^k \binom{n}{k} \binom{2n-2k}{n} q_t^{n-2k}, (6)$$

ahol q_t a t időparaméter -1 és 1 közé konvertált értéke, azaz

$$q_t = -1 + 2 \frac{t - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}}, (7)$$

A fix hatások modellezésére a Wilmlink és Ali-Schaeffer függvények alkalmasabbak, hiszen ezeket a függvényeket a laktációs görbék leírására fejlesztették ki. A véletlen hatások a Legendre-polinomokkal jobban becsülhetők, mivel a véletlen hatások az átlagos laktációs görbétől való eltérést befolyásolják (Márkus és mtsai, 2006).

A laktációs görbéket gyakran spline-okkal is modellezzik, amit gyakran spline modellként is említenek. Spline modellel a random hatások úgy modellezhetők, hogy az intervallumokra osztott laktációs időre harmadfokú polinomok illeszthetők, amelyek folytonosan kapcsolódnak egymáshoz végpontjaikban (White és mtsai, 1999). Ez a modell nagyobb flexibilitást eredményez, mint más, a random regressziós modellnél használt függvények (pl. Legendre polinomok), ezenkívül a számolást is egyszerűsíti. A modell esetén fontos pontosan meghatározni az illesztési pontok optimális számát, azaz, hogy hány részre kell bontani a laktációt.

Random regressziós modell több tulajdonságra

Ebben a modellben a laktációt hónapok szerint felosztjuk, és az így kapott részlaktációs eredményeket (az egyes befejeések eredményeit) különböző tulajdonságként kezeljük (Wiggans és Goddard, 1997). Az első tulajdonság ebben az esetben a laktáció 5. és 34. napja közötti időszak lesz, a második a 35. és 64. napok által meghatározott szakasz, és így tovább. A módszer nagy előnye, hogy nem feltételez semmilyen kovariancia struktúrát a különböző napokon mért eredmények között. Ennek következtében a véletlen hatásokhoz tartozó laktációs görbének nem szükséges valamilyen speciális alakot feltételezni. Ez a módszer viszont számolás igényes, mivel jóval több paraméterre van hozzá szükség, mint más modellekhez.

A kovariancia függvény modell

A kovariancia függvény olyan függvény, amivel leírható a különböző időpontokban, vagy életkorokban megfigyelt tulajdonságok. Az ilyen függvények meghatározhatók RR modellel, vagy becsülhetők általánosított lineáris modellel. A kovariancia függvény együttthatói származtathatók közvetlenül az adatokból is csökkentett maximum likelihood módszer segítségével. A kovariancia függvény modellel (covariance function model) kapcsolatos közleményt jelentettek meg Kirkpatrick és mtsai (1990). A a_i és a_m standardizált időpontokhoz tartozó u_i és u_m tenyésztértékek közötti kovariancia:

$$\text{cov}(u_i, u_m) = f(a_i, a_m) = \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{k-1} \phi_i(a_i) \phi_j(a_m) C_{ij} = \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{k-1} \tau_{ij} a_i^i a_m^j, \quad (8)$$

ahol f a kovariancia függvény τ_i tényezőkkal, C a kovariancia függvény együtttható mátrixa, ϕ pedig az i -edik Legendre-polinom.

Meyer (1997), valamint Meyer és Hill (1997) megmutatták, hogy a RR modell ekvivalens a kovariancia függvény modellel, ha ugyanazokat a függvényeket használjuk.

A regressziós modellek további alkalmazási területei

A random regressziót az állattenyésztés számos területén alkalmazzák. Tejelő szarvasmarhánál a termelési (*Jamrozik és mtsai, 1997; van der Werf és mtsai, 1998*) és testalakulási, húshasznosítású szarvasmarhánál (*Estany és mtsai, 2002*) és sertésnél a hátfaggyú, illetve hátszalonna vastagság, takarmányfelvétel (*Schnyder és mtsai, 2001*) valamint testsúly, továbbá sertésnél az alomnagyságra vonatkozó adatok elemzésére. Szintén alkalmazzák a módszert sportlovak tenyészték-bebecslése során (*Bugislaus és mtsai, 2006*). A módszer alkalmazható még juhok gyapjútermelésének, bármely faj spermamennyiségi- és minőségi adatainak, tejelő szarvasmarhák élettéljesítményének, genotípus x környezet kölcsönhatások vizsgálatára, túlélés analízisre, valamint humán és más biológiai kutatások során.

Alkalmazható szoftverek

A jelen közleményben felsorolt tenyészték-bebecslési módszerek rendkívül számításigényesek. A jelen közleményben említett számítások elvégzésére alkalmas szoftverek például a BLUPF90 programcsalád (*Misztal, 2003*), a VCE-5 (*Kovac és Groeneveld, 2003*), az ASREML (*Gilmour és mtsai, 2006*) és a WOMBAT (*Meyer, 2006*).

IRODALOM

- Bene Sz. – Márton, J. – Lengyel, Z. – Nagy, B. – Szabó, F.(2007): Angus borjak választási eredménye. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56. 1. 21–29.
- Bugislaus, A.E. – Roehe, R. – Willms, F. – Kalm, E.(2006): The use of a random regression model to account for change in racing speed of German trotters with increasing age. J. Anim. Breed. Genet., 123. 239–246.
- Estany, J. – Villalba, D. – Tibau, J. – Soler, J. – Babot, D. – Noguera, J.L.(2002): Correlated response to selection for litter size in pigs: I. Growth, fat deposition, and feeding behavior traits. J. Anim. Sci., 80. 2556–2565.
- Gilmour, A.R. – Cullis, B.R. – Gogel, B.J. – Welham, S.J. – Thompson, R.(2006): ASREML user's guide Version 2. NSW Agriculture, Queensland Department of Primary Industries, IACR-Rothamsted
- Huisman, A.E. – Veerkamp, R.F. – van Arendonk, J.A.M.(2002): Genetic parameters for various random regression models to describe the weight data of pigs. J. Anim. Sci., 80. 575–582.
- Jamrozik, J. – Schaeffer, L.R. – Dekkers J.C.M.(1997): Genetic Evaluation of Dairy Cattle Using Test Day Yields and Random Regression Model. J. Dairy Sci., 80. 1217–1226.
- Jensen, J.(2001): Genetic Evaluation of Dairy Cattle Using Test-Day Models. J. Dairy Sci., 84. 2803–2812.
- Kirkpatrick, M. – Lofsvold, D. – Bulmer, M.(1990): Analysis of the Inheritance, Selection and Evolution of Growth Trajectories. Genet. Soc. Am., 124. 979–993.
- Kovac, M. – Groeneveld, E.(2003): VCE-5 User's Guide and Reference Manual Version 5.1., Institute of Animal Science Federal Agricultural Research Center (FAL), Neustadt, Germany
- Márkus, Sz. – Komlósi, I. – Bognár, L. – Fazekas, I.(2006): Regressziós modellek összehasonlítása a hazai holstein-fríz szarvasmarha állományban. A kérődző állatfajok mai helyzete és perspektívái az Európai Unióban, Gödöllő
- Meyer, K.(1992): Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. Livest. Prod. Sci., 31. 179–204.
- Meyer, K.(1997): An "average information" Restricted Maximum Likelihood algorithm for estimating reduced rank genetic covariance matrices or covariance functions for animal models with equal design matrices. Genet. Select. Evol., 29. 97–116.

- Meyer, K. – Hill, W.G.(1997): Estimation of genetic and phenotypic covariance functions for longitudinal or "repeated" records by Restricted Maximum Likelihood. *Livest. Prod. Sci.*, 47. 185–200.
- Meyer, K.(2006): WOMBAT – A program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. User notes. *Anim. Genet. Breed. Unit.*, Armidale, 55.
- Misztal, I.(2003): BLUPF90 Manual. [Online]. Available at <http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/newprograms.html>. Accessed
- Mrode, R.A.(2005): Linear Models for Prediction of Animal Breeding Values. CAB Int., Wallingford
- Nagy, I. – Sölkner, J. – Csató, L. – Farkas, J. – Radnóczy, L.(2004): Analysis of alternative models treating herd × year effects as fixed or random. *Czech J. Anim. Sci.*, 49. 349–356.
- Olori, V.E. – Hill, W.G. – McGuirk, B.J. – Brotherstone, S.(1999): Estimating variance components for test day milk records by restricted maximum likelihood with a random regression animal model. *Livest. Prod. Sci.*, 61. 53–63.
- Reents, R. – Dekkers, J.C.M. – Schaeffer, L.R.(1995): Genetic Evaluation for Somatic Cell Score with a Test Day Model for Multiple Lactations. *J. Dairy Sci.*, 78. 2858–2870.
- Rupp, R. – Lagriffoul, G. – Astruc, J.M. – Barillet, F.(2003): Genetic Parameters for Milk Somatic Cell Scores and Relationships with Production Traits in French Lacaune Dairy Sheep. *J. Dairy Sci.*, 86. 1476–1481.
- Schnyder, U. – Hofer, A. – Labroue, F. – Künzi N.(2001): Genetic parameters of a random regression model for daily feed intake of performance tested French Landrace and Large White growing pigs. *Genet. Sel. Evol.*, 33. 635–658.
- Szőke, Sz. – Komlósi, I.(2000): A BLUP modellek összehasonlítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 49. 3. 231–245.
- Szyda, J. – Liu, Z.(1999): Modelling test day data from dairy cattle. *J. Appl. Genet.*, 40. 103–116.
- Swalve, H.H.(2000): Theoretical Basis and Computational Methods for Diffrent Test-Day Genetic Evaluation Methods. *J. Dairy Sci.*, 83. 1115–1124.
- van der Werf, J.H.J. – Goddard, M.E. – Meyer, K.(1998): The Use of Covariance Functions and Random Regressions for Genetic Evaluation of Milk Production Based on Test Day Records. *J. Dairy Sci.*, 81. 3300–3308.
- White, I.M.S. – Thompson, R. – Brotherstone, S.(1999): Genetic and Environmental Smoothing of Lactation Curves with Cubic Splines. *J. Dairy Sci.*, 82. 632–638.
- Wiggans, G.R. – Goddard, M.E.(1997): A Computationally Feasible Test Day Model for Genetic Evaluation of Yield Traits in the United States. *J. Dairy Sci.*, 80. 1795–1800.

Érkezett: 2007. március

Szerzők címe: Márkus, Sz. – Komlósi, I.: DE, ATC, Mezőgazdaságtudományi Kar

Authors' address: University of Debrecen, Centre of Agric. Sci., Faculty of Agricultural Science
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

Fazekas, I.: Debreceni Egyetem, Informatikai Kar

University of Debrecen, Faculty of Informatics

H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.