

Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia



Animal Welfare, Ethology and Housing Systems

Volume 19

Issue 2

Gödöllő
2023

A FAJTA ÉS A SZAPORODÁSBIOLOGIAI MENEDZSMENT HATÁSA A TERMÉKENYSÉGI MUTATÓKRA AUTOMATIKUS FEJŐRENDSZEREKBE

Holló Gabriella¹, Bús Bence², Szabari Miklós¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattenyésztési Tudományok Intézet, Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnika Tanszék
7400 Kaposvár, Guba Sándor utca 40.

²Lely Center, Gödöllő
2100 Gödöllő, Petőfi Sándor tér 4-6.
hollo.gabriella@uni-mate.hu

Received/Érkezett: 04.07.2023.
Accepted/Elfogadva: 11.10.2023.

Összefoglalás

Jelen tanulmány, két tejhasznú fajta (holstein-fríz, magyartarka) reprodukciós teljesítményének vizsgálatát tűzte ki célul különböző szaporodásbiológiai protokoll (az ellés után 50.-60. nap között szinkronizált, az ellés után 90.-100. napon szinkronizált, nem szinkronizált) alkalmazása esetén automatikus fejőrendszerekben. Három különböző tenyészetben, 807 tejelő tehén 6610 fejési rekordját elemezték. A 90-100. napon szinkronizált magyartarka fajtában volt a legkedvezőbb a vemhesítéshez szükséges inszeminálások száma. Az 50-60. nap között szinkronizált holstein-fríz teheneknél volt a legrövidebb az elléstől az első inszeminálásig terjedő időszak. A vemhesülési arány 39,2% és 57,7% között mozgott. Az ellést követő 90 napon belül vemhes, első laktációs tehének aránya 46,5% és 70,8% között változott. A laktáció 150. napjáig a tejmennyiség és annak beltartalmi értékeit összevetve, mindhárom állomány esetében az eltérő szaporodásbiológiai státusznak statisztikailag igazolt hatása volt a tejhozamra és a fehérjetartalomra. Megállapítható, hogy a nagy tejtermelő képességű holstein-fríz állomány termékenységi mutatói rosszabbak voltak, de úgy tűnik, hogy a szinkronizálás a reprodukciós tulajdonságokat kedvezően befolyásolta az egyszer ellett tehének esetében. A szaporodásbiológiai státusz különbségei a tej összetételében is változást eredményeztek, de a kapott eredményeket még további vizsgálatokkal kell megerősíteni. **Kulcsszavak:** tejelő szarvasmarha, termékenység, automata fejési rendszer

Effect of breed and reproductive management on fertility traits in robotic milking system

Abstract

This paper aimed at presenting the reproductive performance of two dairy breeds (Holstein, Hungarian Simmental) with different cow treatment approach (estrus synchronisation: 50-60 days postpartum, estrus synchronisation: 90-100 days postpartum, non-synchronized) in robotic milking system. Records for 6610 milking of 807 lactating dairy cows from 3 commercial dairy farms were analyzed. Later breeding synchronized (90-100 days post partum) Simmental had the lowest number of services per conception. The shortest calving to first service interval was detected for

first breeding synchronized (50-60 days postpartum) Holstein cows. The overall pregnancy rate were shown to range between 39.2% and 57.7%. Proportion of primiparous cows confirmed pregnant within 90 days postpartum varied from 46.5% to 70,8%. Comparing milk-based traits of cows with different reproductive status within 150 days in milk can be seen a highly significant influence of milk yield, the average protein content on reproductive status of cows in case of all herds. Finding reveal high-producing Holstein had the poorer fertility features, however synchronization seemed to affect reproductive traits more favorable in primiparous cows. The differences in fertility caused changes in some milk-based traits; however, these results should be confirmed further investigations.

Keywords: dairy cattle, fertility, robotic milking system

Bevezetés

A tejelő szarvasmarha állományokban a tejhozam növelésére irányuló intenzív genetikai szelekció sikeresnek bizonyult, ezzel párhuzamosan viszont megfigyelhető a szaporodásbiológiai teljesítmény romlása. Annak ellenére, hogy a termékenységi mutatókat a 2000-es évek elején beépítették a tenyésztési programokba (Miglior és mtsai, 2005), a nagy tejhozamú tehenek reprodukciós teljesítménye továbbra sem optimális (Walsh és mtsai, 2011). Úgy tűnik, hogy a gyenge szaporodásbiológiai teljesítményt csak egyrészt befolyásolja a magas tejtermelésre irányuló genetikai szelekció (Häggman és mtsai, 2019), másrészt viszont a nagy tejtermelésű tehenek nem megfelelő teleti menedzsmentje (LeBlanc, 2010) miatt nem sikerül azt javítani.

A gyakorlatban két fontos szaporodásbiológiai esemény: az ivarzás és az ellés, amelyek észlelése és pontos nyomon követése elengedhetetlen. Az ivarzás meglétének észlelésére ma már számos szenzoros (érzékelő) megoldás áll rendelkezésre (Firk, 2002). Ezenkívül, az észlelési hibák kiküszöbölésére az ivarzásszinkronizálással egybekötött mesterséges termékenyítés technológia került bevezetésre. Ennek alapja azok a különböző szinkronizációs protokollok, melyek ma már az üzemi gyakorlatban is széles körben elterjedtek (Balogh és Gábor, 2018). A hagyományos fejőházi rendszerekhez képest az automatikus fejőrendszerekben gyakrabban alkalmaznak aktivitásmérőket vagy egyéb elektronikus ivarzás-előrejelző segédeszközöket (Keeper és mtsai, 2017), és nagyobb mértékű a hormonhasználat is (van der Laan és mtsai, 2021). Korábban, Juozaitiene és mtsai (2019) javasolták azt, hogy a tehenek robotizált fejőrendszerekből származó tejtermelési mutatói felhasználhatóak lennének a szaporodásbiológiai állapot javítására. A kanadai tejtermelő üzemekben, a robotos fejőrendszer gyártói szerint, a vemhesülési arány a tejtermelők gazdaságok 63%-ánál nőtt (Tse és mtsai, 2017). Ausztrália „legjobb” gazdaságaiban akár 15%-kal is növelhető a tejtermelés azonos költségek mellett (Perov, 2022). Bár Hollandiában 1992 óta elérhető a robotfejőrendszer, Magyarországon csak a 2010-es években vezették be. Az eddigi hazai kísérletek azt mutatták, hogy az automatikus fejés állatjóléti szempontból kedvezőbb (Jurkovich és mtsai, 2017). Tudomásunk szerint, hazai automatikus fejőrendszerekben a tejtermelést és az ezzel összefüggő szaporodási teljesítménymutatókat eddig még nem vizsgálták.

Ebben a tanulmányban, két fajta és különböző szaporodásbiológiai menedzsmentek hatását értékeltük a termelési és a reprodukciós mutatókra automata fejőrendszerben. Ezenkívül megvizsgáltuk, hogy a szaporodásbiológiai státusz különbségei a laktáció első időszakában (ellést követő 150 nap alatt) megnyilvánulnak-e a tej beltartalmi tulajdonságaiban.

Anyag és módszer

Három tejelő tehenészetből (A telep: holstein-fríz, B telep: magyartarka, C telep: holstein-fríz) 807 tehén, összesen 6610 fejésének adatait elemeztük. Az adatok minden telepen a Lely (Lely Industries N.V., Maasluis, Hollandia) cég által üzembe helyezett Lely Astronaut A5 típusú automata fejőrendszeréből származtak. Az első termékenyítés az „A” állományban az ellést követő 50. napot követően történik fix idejű termékenyítési protokollt (Ovsynch) alkalmazásával, míg a „B” telepen, csak azoknál az állatoknál szinkronizálnak (Ovsynch), melyeknél az ellést követő 90-100 napon belül nem észleltek ivarzást. A „C” telepen nincs ivarzásszinkronizálás. Az Ovsynch protokoll két 100 mg GnRH injekcióból állt (gonadorelin, Ovarelin 50 µg/ml, Ceva-Phylaxia, Budapest, Magyarország), amit az állatok 9 nap eltéréssel kapnak, valamint egy 500 mg-os klopasztazolam injekcióból (PG; Oosterophan 0,25 mg/ml, Bioveta Inc. Komenského, Cseh Köztársaság), 7 nappal az első GnRH-kezelés után. Az időzített mesterséges termékenyítést 12-16 órával a második GnRH után (9,5. nap) hajtják végre. A vemhességi diagnózist ultrahanggal (B állomány) 28 nappal, vagy transzrektálisan (A, C állományok) végzik, körülbelül 35-42 nappal a termékenyítés után. A fejőrobot szoftveréből és a telepírányítási rendszerből 7 hónapon keresztül rögzített napi adatokat használtunk fel. Az elemzésben használt változók között szerepelt a laktáció száma, a tejelő napok száma, a napi tejhozam (tehenenként), a napi fejési gyakoriság (az AMS-ben tett sikeres fejési látogatások száma tehenenként/nap), valamint a robotban töltött fejési idő, az átlagos zsír- és fehérjetartalom. Ezenkívül minden egyed termékenyítésének dátuma és száma, az ellés dátuma, és az aktuális szaporodási állapot is kigyűjtésre került. A két ellés közti időt, az ellés és a fogamzási idő között eltelt időt, az ellés utáni 80 napon belüli első termékenyítések arányát, az első termékenyítésre vemhesült egyedek arányát és a vemhesülési százalékot is kiszámoltuk. Két állományban lehetőség volt a kérődzési idő megfigyelésére is a Nedap ISo Smarttag rendszer segítségével. A leíró statisztikákat az SPSS 27.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program alkalmazásával számítottuk ki. A teheneket egyszer, vagy többször ellett, valamint aktuális szaporodási állapotuk (vemhes, nem ivarzott (friss), nyitott, termékenyített) és laktációs állapotuk (tejelő napok száma) szerint is csoportosítottuk. A statisztikai elemzésekhez χ^2 tesztet, GLM többváltozós eljárást alkalmaztunk. Az eredményeket statisztikailag szignifikánsnak tekintettük, ha $P \leq 0,05$.

Eredmények

A holstein-fríz esetében a vizsgált állományt 322 (A telep) és 383 tehén (C telep), míg a magyartarka esetében 102 tehén (B telep) alkotta (1. táblázat). Az átlagos laktációs szám magyartarka esetében szignifikánsan nagyobb, 2,7, míg a holstein-fríznél – a hazai átlaghoz hasonlóan – 2,0-2,1 volt.

1. táblázat: A tejtermelés eredményei és a kérődzési idő a vizsgált tenyészetekben

	A	B	C	P-érték (2)
	telep(1)			
	szinkronizált holstein-fríz(3)	szinkronizált magyartarka(4)	nem szinkronizált holstein-fríz(5)	
Laktációs szám (6)	2,04±1,20 ^a	2,72±1,54 ^b	2,05±1,12 ^a	***
Fejések száma (7)	2705	870	3035	-
Tejelő napok száma, nap (8)	171,37±99,79 ^a	177,27±104,37 ^{ab}	182,53±112,25 ^b	***
Napi tejhozam, kg (9)	35,13±9,31 ^c	20,27±7,55 ^a	33,24±10,00 ^b	***
Fejések száma/nap (10)	2,74±0,72 ^b	2,44±0,67 ^a	2,70±0,82 ^b	***
Fejési idő, mp (11)	461,17±150,28 ^b	413,51±123,71 ^a	454,56±148,17 ^b	***
Zsír százalék, % (12)	3,11±0,81 ^a	3,67±0,63 ^b	3,89±1,19 ^c	***
Fehérjeszázalék, % (13)	3,32±0,27 ^a	3,81±0,40 ^b	3,32±0,48 ^a	***
Zsír/fehérje arány (14)	0,94±0,24 ^a	0,98±0,22 ^b	1,18±0,37 ^c	***
Kérődzési idő, perc (15)	522,96±97,49 ^b	480,09±96,62 ^a	-	***

a, b, c P<0,05; *** P<0,001

Table 1: Results of milk production and rumination time in the examined herds

(1)farm; (2)P-value; (3)synchronized Holstein; (4)synchronized Hungarian Simmental; (5)non-synchronized Holstein; (6)lactation number; (7)number of milkings; (8)days in milk, day; (9)daily milk yield, kg; (10)milking frequency/day; (11)boxtime per milking, sec; (12)fat percentage, %; (13)protein percentage, %; (14)fat to protein ratio; (15)rumination time, min

A várakozásoknak megfelelően, az átlagos napi tejhozam kisebb a magyartarka (20 kg) esetében; a holstein-fríz fajtához képest az eltérés 13 kg (B telep) és 15 kg (C telep) volt. A holstein-fríz két állományának tejhozama is szignifikánsan eltért egymástól. A tejelő napok száma átlagosan 177,1 nap, a napi fejések száma 2,63±0,7, a fejésenkénti idő (robotban tartózkodási idő) átlagosan 443,1 másodperc volt. Gyakoribb robotlátogatást és hosszabb fejési időt tapasztaltunk a több tejet adó holstein-fríz teheneknél. A C állományba tartozó holstein-fríz állatoknál szignifikánsan nagyobb volt a tejszír százalék, míg a legnagyobb fehérjeszázalékot a magyartarka állományban (B telep) mértük. A zsír/fehérje arány 0,94-1,18 között mozgott. A két telepen mért kérődzési időt tekintve, a holstein-fríz tehének szignifikánsan több időt (+42,9 perc) töltöttek kérődzéssel, mint a magyartarka egyedek.

Rodenburg (2017) szerint a 33 kg napi tejtermelést elérő teheneket célszerű automatikus fejőrendszerben fejni; ennek a feltételnek, vizsgálatunkban, mindkét holstein-fríz állomány megfelel. Kísérletünkben a magyartarka napi átlagos tejtermelése (20,3 kg/nap/tehen) elmarad, Grimm és mtsai (39) korábban szimmentáli tehenekre vonatkozóan megállapítottaktól. Közismert, hogy a gyakoribb fejés nagyobb tejhozamot eredményez, de a fejési intervallum ingadozása csökkent a tejhozamot (Bach és Busto, 2005). A napi fejésszám holstein-fríz és magyartarka esetében meghaladta a 2,7-, illetve 2,4-es értéket. Hasonló adatról számoltak be a lengyel holstein-fríz (Kliś és mtsai, 2021) és a svájcitarka tehének (Gygax és mtsai, 2007) esetében az automatizált fejőrendszerekben. Jelentős fajtakülönbségeket tapasztaltunk a tej szárazanyag tartalmában és annak fehérjetartalma tekintetében. Sandri és mtsai (2015) megállapításaival összhangban a magyartarka tehének fehérje százaléka szignifikánsan magasabb volt, mint a holstein-frízé. Eredményeink ugyanazt a tendenciát mutatták, mint amit Knob és mtsai (2021) korábban a német holstein-fríz és a német tarka fajták zsír- és fehérjetartalmának különbségeire leírtak.

A termékenységi jellemzőket (2. táblázat) vizsgálva, az összes termékenyítések száma a nem szinkronizált holstein-fríz állományban (C telep) 0,53-mal (A telep) kisebb volt, mint az első termékenyítésre szinkronizáló holstein-fríz állományban.

2. táblázat: A reprodukciós eredmények a vizsgált tenyészetekben

	A	B telep(1)	C	P-érték (2)
	szinkronizált holstein-fríz(3)	szinkronizált magyartarka(4)	nem szinkronizált holstein-fríz(5)	
Ellés és az első termékenyítés közti idő (6)	62,62±18,93 ^a	81,85±31,71 ^b	99,60±53,63 ^c	***
Ellés és a vemhesülés közti idő (7)	113,32±63,58 ^a	102,19±47,94 ^b	120,84±67,49 ^c	***
Két ellés közti idő (8)	391,21±67,74	388,25±60,50	396,02±77,16	NS
Termékenyítések száma (9)	2,76±1,84 ^b	2,30±1,78 ^a	2,23±1,57 ^a	***
Termékenyítések száma az ellést követő 80. napig (10)	1,23 ±0,38	1,18±0,42	1,21±0,33	NS
Termékenyítési index (11)	2,55±1,83 ^b	1,73±1,00 ^a	1,90±1,37 ^b	***
Vemhesülési arány, első termékenyítésre,% (12)	37,28	42,40	68,87	-
Vemhesülési arány, % (13)	39,24	57,74	52,56	-

^{a, b, c} P<0,05; *** P<0,001

Table 2: Results of reproduction traits in the examined herds

(1)farm; (2)P-value; (3)synchronized Holstein; (4)synchronized Hungarian Simmental; (5)non-synchronized Holstein; (6)calving to first service interval; (7)calving to conception interval; (8)calving interval; (9)number of total services; (10)number of services within 80 days of post partum; (11)number of services per conception; (12)first service pregnancy rate, %; (13)overall pregnancy rate, %

A magyartarka teheneknél (B telep), melyeknél a szinkronizálás csak az ellést követő 90-100. nap között történik, alakult a legkedvezőbbben a vemhesüléshez szükséges inszeminálások száma (1,73), és a vemhesülési arány (57,74%). Az elléstől az első termékenyítésig és az elléstől a vemhesülésig terjedő időszak átlagosan 63 és 100 nap között, illetve 102 és 121 nap között változott. A legrövidebb intervallumot a szinkronizált holstein-fríz és a magyartarka esetében tapasztaltuk. Az ellést követő 90 napon belül vemhes első laktációs tehenek aránya a magyartarka állományban a legnagyobb (B telep: 71%), ezt követi a szinkronizált holstein-fríz állomány (A telep) 50%-kal, majd 47%-kal a nem szinkronizált holstein-fríz állományban (C telep). Ez az arány a többször ellett tehenek esetében mintegy 13-24%-kal kisebb (1. ábra).

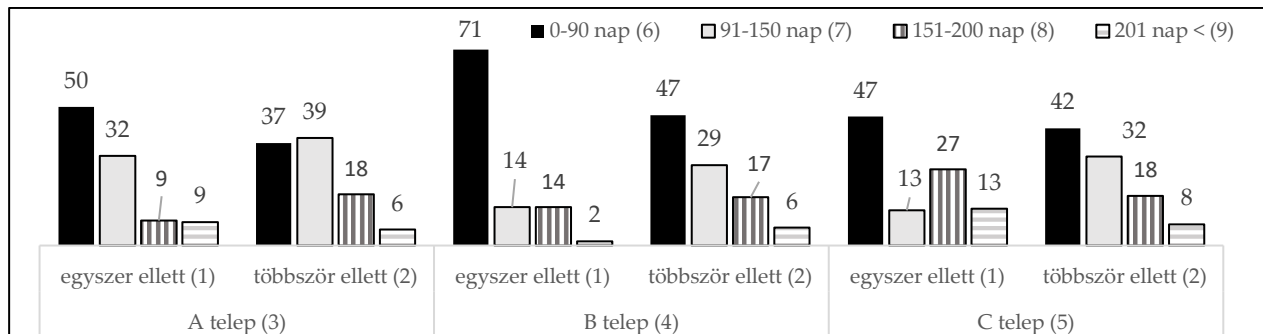
1. ábra: A vemhes egyedek (egyszer és többször ellett) aránya a laktáció stádiuma szerint


Figure 1. The proportion of pregnant (primiparous and multiparous) cows according to their lactation stages

(1)primiparous; (2)multiparous; (3)farm A; (4)farm B; (5)farm C; (6)0-90 days; (7)91-150 days; (8)151-200 days; (9)201 days<

A laktáció első stádiumában lévő (1-150. nap), de eltérő szaporodásbiológiai státuszú tehenek tej beltartalmi értékeit és kérődzési idejét összehasonlítva, a 3. táblázat adataiból látható, hogy a még nem ivarzott állatoknál – A és B telep esetében – rövidebb kérődzési időt, és – a C telep esetében – kevesebb fejőrobot-látogatást figyelhetünk meg.

3. táblázat: A szaporodásbiológiai státusz szerinti kérődzési idő és fejési jellemzők

	nem ivarzott(1)	nyitott(2)	termékenyített (3)	vemhes(4)	P-érték (5)	
Kérődzési idő, perc (6)	A	511,40±108,96 ^a	-	552,42±88,47 ^b	539,18±76,32 ^b	***
	B	451,88±101,93 ^a	491,35±86,21	521,76±70,76 ^b	512,12±80,90	**
Robotlátogatások száma (7)	A	2,69±0,69	-	2,69±0,69	2,66±0,57	NS
	B	2,69±0,97	3,00±0,71	2,76±0,57	2,68±0,80	NS
	C	2,57±0,86 ^a	3,00±0,87 ^{ab}	3,09±0,73 ^b	3,30±0,63 ^b	***
Fejési idő, mperc (8)	A	492,53±170,80	-	469,05±147,40	495,25±219,38	NS
	B	473,95±136,00 ^b	435,63±167,98 ^{ab}	384,13±68,41 ^{ab}	380,30±77,58 ^a	*
	C	455,33±142,21	432,85±140,08	449,76±151,52	439,47±120,22	NS
Napi tejhozam, kg (9)	A	35,24±10,90 ^a	-	39,28±8,34 ^b	36,84±7,06 ^a	***
	B	27,23±7,98 ^{ab}	26,73±5,18 ^{ab}	22,12±5,33 ^a	27,02±9,03 ^b	*
	C	32,78±11,95 ^a	41,14±19,08 ^{bc}	37,03±8,32 ^b	44,44±9,29 ^c	***
Zsír, % (10)	A	3,08±1,24	-	2,99±0,65	2,84±0,63	NS
	B	3,12±0,43 ^a	3,44±0,56 ^b	3,44±0,50 ^b	4,00±0,00 ^c	***
	C	4,04±1,33 ^b	4,86±0,94 ^c	3,58±0,97 ^a	3,47±1,20 ^a	***
Fehérje, % (11)	A	3,40±0,38 ^b	-	3,33±0,21 ^{ab}	3,31±0,26 ^a	***
	B	3,96±0,20 ^b	3,65±0,48 ^a	3,84±0,37 ^b	4,00±0,00 ^b	***
	C	3,47±0,53 ^b	3,14±0,35 ^a	3,28±0,45 ^a	3,34±0,48 ^{ab}	***
Zsír/fehérje arány (12)	A	0,92±0,35	-	0,90±0,19	0,86±0,18	NS
	B	0,79±0,15 ^a	0,96±0,21 ^b	0,91±0,21 ^{ab}	1,00±0,00 ^b	***
	C	1,18±0,38 ^b	1,56±0,34 ^c	1,11±0,33 ^a	1,05±0,38 ^a	***

a, b, c P<0,05; *** P<0,001

Table 3. The rumination time and main milking traits in relation to reproductive status

(1)fresh; (2)open; (3)serviced; (4)pregnant; (5)P-value; (6)rumination time, min; (7)number of robot visit; (8)boxtime, sec.; (9)daily milk yield, kg; (10)fat, %; (11)protein, %; (12)fat to protein ratio

A varianciaanalízis azt mutatta, hogy a napi tejhozamra és a tej fehérjetartalmára – minden állomány esetében – jelentős hatással van a tehének termékenységi állapota. A magyartarka állományban, a vemhes állatok fejési ideje volt a legrövidebb. Az eredmények megerősítették Laine és mtsai (2017) megállapításait, miszerint a tej összetételét befolyásolja a tejelő tehének vemhes és nem vemhes státusza, valamint az a vemhesség stádiumától függően is változik.

Következtetések

Megállapítható, hogy a nagy tejtermelő képességű holstein-fríz állomány gyengébb termékenységi jellemzőkkel rendelkezett (pl. vemhesülési százalék) azonban a szaporodásbiológiai protokoll (korai szinkronizálás) úgy tűnik, hogy kedvezően befolyásolta a termékenységi tulajdonságokat, beleértve az ellés és az első termékenyítés/fogamzás közti időt, valamint a két ellés közti időt. A magyartarka fajta szignifikánsan kisebb tejhozama a termékenységi tulajdonságok szempontjából előnyösnek bizonyult. Megállapítható, hogy a szinkronizálás (Ovsynch protokoll) esetén az ellések száma (egyszer v. többször ellett) befolyásolja a fogamzási eredményeket. A szaporodásbiológiai státusz különbségei a tejtermelési és beltartalmi tulajdonságokban is változást eredményeztek; de a kapott eredményeket még különböző, nagyobb tehenlétszámú állományokban végzett objektív vizsgálatokkal szükséges megerősíteni.

Irodalomjegyzék

- Bach, A., Busto, I. (2005): *Effects on milk yield of milking interval regularity and teat cup attachment failures with robotic milking systems. Journal of Dairy Research*, 72. 101-106. <https://doi.org/10.1017/S0022029904000585>
- Balogh O., Gábor Gy. (2018): *Ivarzás indukciós és ovuláció szinkronizációs eljárások alkalmazása tejelő tehenészetekben. VitaCowHír*, 10. 6-9.
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W., Krieter, J. (2002): *Automation of oestrus detection in dairy cows: A review. Livestock Production Science*, 75. 219-232. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00323-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00323-2)
- Grimm, K., Haidn, B., Erhard, M., Tremblay, M., Döpfer, D. (2019): *New insights into the association between lameness, behavior, and performance in Simmental cows. Journal of Dairy Science*, 102. 2453-2468. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15035>
- Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. (2007): *Comparison of functional aspects in two automatic milking systems and auto-tandem milking parlors. Journal of Dairy Science*, 90. 4265-4274. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0126>
- Häggman, J., Christensen, J.M., Mäntysaari, E.A., Juga, J. (2019): *Genetic parameters for endocrine and traditional fertility traits; hyperketonaemia and milk yield in dairy cattle. Animal*, 13. 248-255. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001386>
- Juozaityene, V., Juozaitis, A., Zymantiene, J., Spancerniene, U., Antanaitis, R., Zilaitis, V., Tusas, S., Yilmaz, A. (2019): *Evaluation of automatic milking system variables in dairy cows with different levels of lactation stage and reproduction status. Journal of Dairy Research*, 86. 410-415. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000670>
- Jurkovich, V., Kezer, F.L., Ruff, F., Bakony, M., Kulcsar, M., Kovacs, L. (2017): *Heart rate, heart rate variability, faecal glucocorticoid metabolites and avoidance response of dairy cows before and after changeover to an automatic milking system. Acta Vet. Hung.*, 65, 301-313. <https://doi.org/10.1556/004.2017.029>

- Keeper, D.M., Kerrisk, K.L., House, J.K., Garcia, S.C., Thomson, P. (2017): Demographics, farm and reproductive management strategies used in Australian automatic milking systems compared with regionally proximal conventional milking systems. *Australian Veterinary Journal.*, 95. 325-332. <https://doi.org/10.1111/avj.12618>
- Kliš, P., Piwczyński, D., Sawa, A., Sitkowska, B. (2021): Prediction of lactational milk yield of cows based on data recorded by AMS during the periparturient period. *Animals*, 11. 383. <https://doi.org/10.3390/ani11020383>
- Knob, D.A., Thaler Neto, A., Schweizer, H., Weigand, A.C., Kappes, R., Scholz, A.M. (2021): Energy balance indicators during the transition period and early lactation of purebred Holstein and Simmental cows and their crosses. *Animals*, 11. 309. <https://doi.org/10.3390/ani11020309>
- Laine, A., Bastin, C., Grelet, C., Hammami, H., Colinet, F.G., Dale, L.M., Gillon, A., Vandenplas, J., Dehareng, F., Gengler, N. (2017): Assessing the effect of pregnancy stage on milk composition of dairy cows using mid-infrared spectra. *Journal of Dairy Science*, 100. 2863-2876. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11736>
- LeBlanc, S. (2010): Challenges and opportunities for technology to improve dairy health management. *Journal of Reproduction and Development*, 56. S29-35. <https://doi.org/10.1262/jrd.1056S29>
- Miglior, F., Muir, B.L., Van Doormaal, B.J. (2005): Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of Dairy Science*, 88. 1255-1263. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72792-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72792-2)
- Perov, I. (2022): Robotic Dairy Systems-Change in Management Paradigm. In *Agriculture Digitalization and Organic Production*, pp. 15-25. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3349-2_2
- Rodenburg, J. (2017): Robotic milking Technology, farm design, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science*, 100. 7729-7738. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11715>
- Sandri, M., Stefanon, B., Looor, J.J. (2015): Transcriptome profiles of whole blood in Italian Holstein and Italian Simmental lactating cows diverging for genetic merit for milk protein. *Journal of Dairy Science*, 98. 6119-6127. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9049>
- Tse, C., Barkema, H.W., DeVries, T.J., Rushen, J., Pajor, E.A. (2017): Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *Journal of Dairy Science*, 100. 2404-2414. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11521>
- van der Laan, J.S.M., Vos, P.L.A.M., van den Borne, B.H.P., Aardema, H., van Werven, T. (2021): Reproductive hormone use and its association with herd-level factors on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 104. 10854-10862. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19786>
- Walsh, S. W., Williams, E.J., Evans, A.C.O. (2011): A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 123. 127-138. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.12.001>