

Wpływ wybranych czynników na zawartość mocznika w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej*

Alicja Satola, Ewa Ptak

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt,
Katedra Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; e-mail: a.satola@ur.krakow.pl

Celem pracy było zbadanie zależności między zawartością mocznika w mleku a takimi czynnikami, jak: numer laktacji, faza laktacji, miesiąc i sezon pobrania próby, wiek krów przy wycieleniu, poziom wydajności mleka i zawartość białka. Do obliczeń wykorzystano dane z 7731 próbnymi udojów 1078 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej. Próbnymi udojami z pierwszej, drugiej i trzeciej laktacji wykonano w okresie od grudnia 2010 roku do grudnia 2011 roku. Obliczenia wykonano przy użyciu procedury MIXED z pakietu SAS/STAT. Zastosowano model liniowy mieszany, w którym parametry estymowane były za pomocą metody największej wiarygodności z ograniczeniami (REML). Średnie najmniejszych kwadratów dla efektów stałych w modelu porównano testem Tukeya-Kramera. Stwierdzono, że laktacja pierwsza różniła się istotnie od laktacji drugiej i trzeciej pod względem zawartości mocznika w mleku, natomiast między laktacją drugą i trzecią nie występowały istotne różnice. U pierwszych zawartość mocznika w mleku rosła przez cały okres laktacji, natomiast u krów starszych tylko do siódmego, ósmego miesiąca laktacji. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między zawartością mocznika w tych samych fazach sąsiednich laktacji, tzn. pierwszej i drugiej oraz drugiej i trzeciej. Natomiast między laktacją pierwszą i trzecią statystycznie istotne różnice w zawartości mocznika wystąpiły tylko w 9. i 10. miesiącu laktacji. Zmiany zawartości mocznika związane z sezonem pobrania próby miały różny charakter w zależności od numeru laktacji. W laktacji pierwszej najniższa zawartość mocznika w mleku wystąpiła w sezonie wiosennym, a najwyższa w sezonie jesiennym. Tendencja ta nie powtórzyła się w kolejnych laktacjach, tj. drugiej i trzeciej. Odnotowano, że wraz ze wzrostem zawartości białka w mleku rosła również zawartość mocznika w mleku. Podobnie, wraz ze wzrostem wydajności mleka rosła zawartość mocznika w mleku.

SŁOWA KLUCZOWE: bydło mleczne / mocznik / czynniki pozagenetyczne

Mocznik powstaje w wątrobie z toksycznego dla organizmu amoniaku, ten natomiast powstaje w żwaczu w wyniku mikrobiologicznego rozkładu białka ogólnego. Nadmierne

*Badania sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową DS 3254.

ilości amoniaku, niewykorzystane do syntezy białka bakteryjnego, przenikają do krwiobiegu i są transportowane do wątroby, gdzie ulegają przekształceniu w mocznik, co chroni organizm przed zatruciem. Następnie znaczna część mocznika jest wydalana z moczem, a część przenika do płynów ustrojowych, także do mleka. Mocznik jest więc jednym ze składników mleka, stanowiącym główną część niebiałkowych związków azotowych występujących w mleku i jest końcowym produktem metabolizmu azotu u krów. Za optymalną uważa się zawartość mocznika w mleku od 150 do 250 mg/l, przy zawartości białka w mleku od 3,2 do 3,6%. Zawartość mocznika w mleku zależy między innymi od pobrania białka ogólnego i energii oraz od wzajemnego stosunku tych składników w dawce pokarmowej [9]. Zatem zawartość mocznika w mleku (obok zawartości białka) jest dobrym wskaźnikiem właściwego zbilansowania białkowo-energetycznego dawki pokarmowej [12]. **Wysoka zawartość mocznika wskazuje na nieefektywne wykorzystanie białka ogólnego**, co powoduje wyższe koszty związane z żywieniem krów oraz zanieczyszczenie środowiska. Zawartość mocznika w mleku zależy od wielu czynników, wśród których wymienić należy: miesiąc kalendarzowy pobrania próby lub sezon pobrania próby, fazę laktacji, dzień doju, porę dnia, w której wykonano próbny udój, numer laktacji oraz wartości innych cech produkcyjnych [1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 16, 17, 20, 22, 23]. Różnice w zawartości mocznika w mleku krów mogą wynikać również ze zmienności osobniczej, jako że odziedziczalność zawartości mocznika, według różnych autorów, waha się od 0,09 do 0,59 [2, 8, 13, 14, 15, 18, 21, 23].

Istotny wpływ miesiąca lub sezonu pobrania próby na zawartość mocznika w mleku odnotowało wielu autorów [1, 4, 5, 7, 16, 17, 22]. Godden i wsp. [5] oraz Rajala-Schultz i Saville [16] stwierdzili, że zawartość mocznika w mleku krów była najwyższa w sezonie letnim, przy czym Rajala-Schultz i Saville [16] zaznaczyli, że zależność ta występowała tylko w stadach niskoprodukcyjnych (tzn. o średniej wydajności do 7 tys. kg mleka/rok), w których stosowano żywienie pastwiskowe w okresie letnim. Według cytowanych autorów, w stadach wysokoprodukcyjnych (powyżej 10 tys. kg mleka/rok) obserwowano odmienną zależność, tzn. zawartość mocznika w mleku w sezonie letnim była niższa niż w sezonie zimowym i wiosennym. Z kolei Fatehi i wsp. [4] oraz Hojman i wsp. [7] zaobserwowali sezonową zmienność zawartości mocznika w mleku (z najwyższymi wartościami w okresie letnim), mimo że zwierzęta były utrzymywane w systemie alkierzowym przez cały rok i otrzymywały dawki pełnoporcjowe (TMR – Total Mixed Ration) bez dodatku świeżej trawy. Podobne wyniki uzyskali Rzewuska i Strabel [17].

Faza laktacji jest kolejnym czynnikiem, którego wpływ na zawartość mocznika w mleku badało wielu autorów. Większość z nich stwierdziła, że krzywa obrazująca zmiany zawartości mocznika w kolejnych dniach laktacji była podobna do krzywej przedstawiającej zależność wydajności mleka od dnia doju, z najniższymi wartościami na początku laktacji, wartością maksymalną osiąganą między 2. a 5. miesiącem laktacji i następującym później łagodnym spadkiem zawartości mocznika aż do końca laktacji [1, 4, 5, 10, 11, 17]. Odmienny kształt krzywej ilustrującej zależność między zawartością mocznika a fazą laktacji zaprezentowali Hojman i wsp. [7], Rajala-Schultz i Saville [16] oraz Wood i wsp. [23], według których najniższa zawartość mocznika występowała w 1. lub 2. miesiącu laktacji, po czym wartości rosły aż do końca laktacji.

Pora dnia, w której wykonano udój, jest kolejnym czynnikiem wpływającym na zawartość mocznika w mleku. Broderick i Clayton [3], Godden i wsp. [5] oraz Wattiaux i wsp.

[22] stwierdzili, że zawartość mocznika była niższa w mleku z udojów porannych niż z wieczornych. Badania Gustafsson i Palmquist [6] wykazały, że zawartość mocznika malała w miarę wydłużania się odstępu między pobraniem paszy a dojem, co wyjaśniałoby niższą zawartość mocznika w mleku z porannych udojów.

Badano również zależność występującą między zawartością mocznika a numerem laktacji. Fatehi i wsp. [4], Jilek i wsp. [10] oraz Johnson i Young [11] stwierdzili, że zawartość mocznika w mleku z dwóch pierwszych laktacji była wyższa niż z laktacji późniejszych. Z kolei według Arunvipas i wsp. [1], Wattiaux i wsp. [22] oraz Wood i wsp. [23] pierwszą laktację charakteryzowała niższa zawartość mocznika niż laktacje późniejsze. Natomiast Schepers i Meijer [20] nie stwierdzili istotnej zależności między numerem laktacji a zawartością mocznika w mleku.

W dostępnej literaturze jedynie Wood i wsp. [23] badali zależność między wiekiem krów przy wycieleniu a zawartością mocznika, jednakże nie wykazali istotnego związku między tymi cechami.

Przedmiotem badań wielu autorów była również zależność między zawartością mocznika w mleku a pozostałymi cechami produkcyjnymi (wydajnością mleka, wydajnością i zawartością tłuszczu i białka). Wood i wsp. [23] nie obserwowali istotnej zależności między zawartością mocznika a cechami wydajności mlecznej, która powtarzałaby się w kolejnych laktacjach. Autorzy tacy jak Arunvipas i wsp. [1], Fatehi i wsp. [4], Godden i wsp. [5], Hojman i wsp. [7], Jilek i wsp. [10], Johnson i Young [11] oraz Rajala-Schultz i Saville [16] badali zależność między zawartością mocznika a pozostałymi cechami produkcyjnymi dla wszystkich laktacji łącznie, w przeciwieństwie do Wood i wsp. [23], którzy poszukiwali zależności w obrębie każdej z trzech pierwszych laktacji. Arunvipas i wsp. [1], Hojman i wsp. [7], Jilek i wsp. [10], Johnson i Young [11], Rajala-Schultz i Saville [16] oraz Rzewuska i Strabel [17] stwierdzili, że wraz ze wzrostem wydajności mleka rosła zawartość mocznika w mleku, przy czym Rajala-Schultz i Saville [16] podali, że taka zależność wystąpiła jedynie w stadach wysokoprodukcyjnych, natomiast nie zaobserwowano jej w stadach niskoprodukcyjnych.

Hojman i wsp. [7] oraz Rajala-Schultz i Saville [16] stwierdzili, że wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu rosła zawartość mocznika, przy czym Rajala-Schultz i Saville [16] zależność tę odnotowali tylko w przypadku stad wysokoprodukcyjnych. Natomiast według Godden i wsp. [5], Jilek i wsp. [10] oraz Johnson i Young [11] wraz ze wzrostem zawartości tłuszczu malała zawartość mocznika w mleku.

Arunvipas i wsp. [1], Fatehi i wsp. [4], Godden i wsp. [5], Hojman i wsp. [7] oraz Johnson i Young [11] odnotowali, że wraz ze wzrostem zawartości białka w mleku malała zawartość mocznika.

Celem niniejszej pracy było zbadanie zależności między zawartością mocznika w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej a czynnikami pozażywieniowymi, takimi jak: numer laktacji, sezon lub miesiąc kalendarzowy pobrania próby, faza laktacji, wiek krów przy wycieleniu, poziom wydajności mleka i zawartość białka w mleku.

Material i metody

Materiał wykorzystany do obliczeń stanowiła część losowo wybranych danych udostępnionych przez Hodowlę Zwierząt Zarodowych Osowa Sień Sp. z o.o. i Zakład Hodo-

wli Bydła Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Dane obejmowały 7731 próbnych udojów 1078 krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, utrzymywanych w trzech dużych oborach (357, 470 i 251 krów) i żywionych dawkami pełnoporcjowymi (TMR). Próbne udoje zostały wykonane w pierwszej, drugiej i trzeciej laktacji w okresie od grudnia 2010 roku do grudnia 2011 roku, przy czym 527 krów posiadało próbne udoje w pierwszej laktacji, 314 krów – w drugiej laktacji, 268 krów – w trzeciej laktacji. W zbiorze pozostawiono tylko te krowy, które posiadały minimum 5 próbnych udojów przypadających na laktację.

Wpływ wybranych czynników na zawartość mocznika w mleku zbadano przy użyciu procedury MIXED z pakietu SAS/STAT [19]. W procedurze tej poszczególne efekty modelu estymowane są metodą największej wiarygodności z ograniczeniami (REML). Zastosowano następujący model liniowy mieszany:

$$y_{ijklmnopr} = L_i + SW_j + F_k + MP_l + MI_m + Bi_n + (MI \times Bi)_{mn} + (L \times MP)_{il} + (L \times SW)_{ij} + (L \times F)_{ik} + (SW \times F)_{jk} + (L \times SW \times F)_{ijk} + KW_{io} + a_p + e_{ijklmnopr}$$

gdzie:

$y_{ijklmnopr}$ – zawartość mocznika w mleku z r -tego próbnego doju, z i -tej laktacji p -tej krowy, wycielonej w j -tym sezonie, w o -tej klasie wieku krowy przy wycieleniu, dla której próbny udój przeprowadzono w k -tej fazie laktacji oraz w l -tym miesiącu kalendarzowym; ponadto r -ty próbny udój należał do m -tej klasy wydajności mleka oraz do n -tej klasy zawartości białka;

L_i – stały efekt i -tej laktacji ($i=1, 2, 3$);

SW_j – stały efekt j -tego sezonu wycielenia ($j=1, 2$);

F_k – stały efekt k -tej fazy laktacji ($k=1, \dots, 10$);

MP_l – stały efekt l -tego miesiąca kalendarzowego pobrania próby ($l=1, \dots, 12$);

MI_m – stały efekt m -tej klasy wydajności mleka ($m=1, \dots, 4$);

Bi_n – stały efekt n -tej klasy zawartości białka ($n=1, 2, 3$);

$(MI \times Bi)_{mn}$ – efekt interakcji m -tej klasy wydajności mleka oraz n -tej klasy zawartości białka;

$(L \times MP)_{il}$ – efekt interakcji i -tej laktacji oraz l -tego miesiąca kalendarzowego pobrania próby;

$(L \times SW)_{ij}$ – efekt interakcji i -tej laktacji oraz j -tego sezonu wycielenia;

$(L \times F)_{ik}$ – efekt interakcji i -tej laktacji oraz k -tej fazy laktacji;

$(SW \times F)_{jk}$ – efekt interakcji j -tego sezonu wycielenia oraz k -tej fazy laktacji;

$(L \times SW \times F)_{ijk}$ – efekt interakcji i -tej laktacji, j -tego sezonu wycielenia oraz k -tej fazy laktacji;

KW_{io} – stały efekt o -tej klasy wieku krowy przy wycieleniu w obrębie i -tej laktacji;

a_p – losowy efekt p -tego zwierzęcia;

$e_{ijklmnopr}$ – błąd losowy.

Analizę powtórzono, zastępując w powyższym modelu miesiąc pobrania próby (MP_p , $l=1, \dots, 12$) przez sezon pobrania próby (SP_p , $l=1, \dots, 4$). Średnie najmniejszych kwadratów dla efektów stałych w modelu porównano testem Tukeya-Kramera.

W każdej laktacji przyjęto dwa sezony wycielenia: zimowy (październik – marzec) oraz letni (kwiecień – wrzesień). W obrębie każdej laktacji wyznaczono 10 miesięcznych faz ze

względu na dzień, w którym wykonano próbny udój (5-35, 36-65, 66-95, 96-125, 126-155, 156-185, 186-215, 216-245, 246-275, 276-305). Uwzględniono 12 miesięcy kalendarzowych pobrania próby oraz 4 sezony pobrania próby: wiosenny (od marca do maja), letni (od czerwca do sierpnia), jesienny (od września do listopada), zimowy (od grudnia do lutego). Każdy próbny udój należał do jednej z 4 klas wydajności mleka: niska (poniżej 20 kg), średnia (od 20 do 29 kg), wysoka (od 30 do 39 kg), bardzo wysoka (40 kg i więcej) oraz do jednej z 3 klas zawartości białka w mleku: niska (poniżej 3,2%), średnia (od 3,2 do 3,6%), wysoka (powyżej 3,6%). Podział na klasy wieku krów przy wycieleniu był następujący: pierwsza laktacja – 5 klas (20-24, 25-26, 27-28, 29-30, 31-45 miesięcy), druga laktacja – 4 klasy (31-38, 39-41, 42-44, 45-65 miesięcy), trzecia laktacja – 3 klasy (43-51, 52-55, 56-74 miesięcy).

Wyniki i dyskusja

Faza laktacji. W tabeli 1. przedstawiono średnią zawartość mocznika w mleku w zależności od fazy (miesiąca) laktacji pierwszej, drugiej i trzeciej.

Tabela 1 – Table 1

Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) zawartości mocznika w mleku wraz z błędami standardowymi (SE) zestawione według faz w obrębie laktacji pierwszej, drugiej i trzeciej

Least squares means (LSM) of milk urea concentration with standard errors (SE) by stage of the first, second and third lactations

Faza laktacji (dni doju) Stage of lactation (DIM)	Laktacja 1 Lactation 1			Laktacja 2 Lactation 2			Laktacja 3 Lactation 3		
	N	LSM	SE	N	LSM	SE	N	LSM	SE
1 (5-35)	323	168	4,8	208	154	5,3	141	145	6,6
2 (36-65)	370	172	4,8	193	163	5,6	140	162	6,9
3 (66-95)	364	179	4,7	218	179	5,1	161	172	5,9
4 (96-125)	396	195	4,2	234	188	4,8	203	179	5,1
5 (126-155)	400	208	4,1	254	191	4,7	214	200	5,0
6 (156-185)	405	211	4,1	263	203	4,6	230	205	4,9
7 (186-215)	412	219	4,1	241	204	4,8	218	205	5,0
8 (216-245)	395	218	4,2	216	220	5,0	194	201	5,2
9 (246-275)	372	231 ^a	4,4	184	210 ^{ab}	5,4	198	201 ^b	5,1
10 (276-305)	295	232 ^a	4,9	134	217 ^{ab}	6,3	155	204 ^b	5,7
Razem Total	3732	203 ^a	2,9	2145	193 ^b	2,9	1854	188 ^b	2,9

N – liczba próbnych udójów – number of test-day records

a, b – średnie w tym samym wierszu oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$)

a, b – least squares means within the same row with different superscripts differ significantly ($p < 0,05$)

W każdej z trzech pierwszych laktacji najniższa zawartość mocznika wystąpiła w pierwszym miesiącu laktacji. W laktacji pierwszej obserwowano tendencję wzrostową aż do 305-dnia laktacji, natomiast w laktacji drugiej i trzeciej trend wzrostowy występował do około 7-8 miesiąca.

Wielu autorów podaje, że krzywa zawartości mocznika przypomina kształtem krzywą wydajności mleka, z najniższymi wartościami na początku laktacji, szczytem przypadającym między 2. a 5. miesiącem, a następnie powolnym spadkiem wartości aż do końca laktacji [1, 4, 5, 10, 11, 16, 17]. Johnson i Young [11] tłumaczyli mniejszą zawartość mocznika na początku laktacji niższym pobraniem suchej masy w tym okresie lub odmiennym zbilansowaniem dawki pokarmowej w pierwszym miesiącu laktacji niż w miesiącach późniejszych. Obniżenie zawartości mocznika po szczycie laktacji było, zdaniem cytowanych autorów, związane ze zmniejszającym się zapotrzebowaniem na białko ogólne w okresie spadku produkcji mlecznej. Johnson i Young [11] stwierdzili, że tempo spadku zawartości mocznika po osiągnięciu wartości maksymalnej było różne dla różnych stad, przy czym wolniejsze tempo spadku związane było najprawdopodobniej z nadmierną podażą białka ogólnego po szczycie laktacji. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy mogą świadczyć o dużej podaży białka ogólnego w odniesieniu do analizowanych stad, szczególnie w laktacji pierwszej, w której nawet pod koniec jej trwania zawartość mocznika w mleku rosła. Według Godden i wsp. [5] zmiany w składzie dawki pokarmowej lub w programach żywieniowych dla różnych laktacji i różnych faz laktacji mogą przyczyniać się do obserwowanych zmian zawartości mocznika w mleku. Z kolei Schepers i Meijer [20], którzy uwzględnili wpływ czynników bezpośrednio związanych z żywieniem, tj. bilans białka w żywcu, bilans energii netto i bilans białka właściwego trawionego w jelicie cienkim, nie wykazali związku między fazą laktacji a zawartością mocznika w mleku. Oprócz Godden i wsp. [5] oraz Johnson i Young [11], również Arunvipas i wsp. [1], Fatehi i wsp. [4], Jílek i wsp. [10] oraz Rzewuska i Strabel [17] potwierdzili, że krzywa zawartości mocznika przypomina kształtem krzywą wydajności mleka, przy czym maksymalna zawartość mocznika (4-5 miesiąc laktacji) występowała później niż szczyt wydajności mleka. Według Rajala-Schultz i Saville [16] szczyt zawartości mocznika pokrywał się ze szczytem wydajności mleka (około 2-3 miesiąca). Odmienny kształt krzywej zawartości mocznika, stanowiący lustrzane odbicie (względem osi odciętych) typowej krzywej wydajności mleka zaobserwowali Wood i wsp. [23]. Według tych autorów, na początku laktacji występował łagodny spadek zawartości mocznika w mleku do około 30-40 dnia laktacji, w którym osiągnęła ona wartość minimalną, a następnie wartości rosły aż do końca laktacji.

Analiza wpływu fazy laktacji na zawartość mocznika w mleku wykazała istnienie statystycznie istotnych różnic w miesiącach 9. i 10. między laktacją pierwszą i trzecią (tab. 1). W pozostałych miesiącach laktacji (od 1. do 8.) nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między laktacjami, co świadczy o tym, że zawartość mocznika utrzymywała się w tych miesiącach na podobnym poziomie niezależnie od numeru laktacji.

Laktacja pierwsza (203 mg/l) różniła się istotnie pod względem zawartości mocznika od laktacji drugiej (193 mg/l) i trzeciej (189 mg/l), natomiast nie stwierdzono istotnych różnic między zawartością mocznika w mleku w laktacji drugiej i trzeciej. W literaturze znaleźć można zarówno prace potwierdzające istnienie statystycznie istotnych różnic między laktacjami w zawartości mocznika, jak również stwierdzające ich brak. Fatehi i wsp. [4] oraz Johnson i Young [11] doszli do podobnych wniosków jak autorzy tej pracy, stwierdzając, że zawartość mocznika w mleku w laktacji pierwszej była istotnie wyższa niż w laktacji drugiej i trzeciej. Niższa zawartość mocznika w mleku w laktacji drugiej i trzeciej może wynikać z lepszego zbilansowania dawki pokarmowej w stosunku do możliwości produkcyjnych krów. Niższa zawartość mocznika w kolejnych laktacjach może być również uwarunkowana fizjologicznie, tzn. u starszych krów uszkodzeniu ulega wątroba, która nie jest w stanie przetwarzać amoniaku. Odmiennie

wyniki, tzn. zawartość mocznika w mleku w pierwszej laktacji istotnie niższą niż w laktacjach późniejszych, otrzymali m.in. Arunvipas i wsp. [1], Wattiaux i wsp. [22] oraz Wood i wsp. [23]. Z kolei Schepers i Meijer [20], po uwzględnieniu w modelu wpływu czynników żywieniowych, stwierdzili, że numer laktacji nie miał istotnego wpływu na zawartość mocznika.

Miesiąc i sezon pobrania próby. W tabeli 2. przedstawiono średnie najmniejszych kwadratów zawartości mocznika w mleku w poszczególnych miesiącach kalendarzowych trzech pierwszych laktacji.

Nie odnotowano wyraźnych tendencji w zmianach zawartości mocznika związanych z sezonem pobrania próby, które powtórzyłyby się we wszystkich laktacjach. W pierwszej laktacji najniższa zawartość mocznika w mleku wystąpiła w sezonie wiosennym (182 mg/l), a najwyższa w sezonie jesiennym (226 mg/l), natomiast sezon letni i zimowy nie różniły się istotnie pod względem zawartości mocznika. W laktacji drugiej nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości mocznika między sezonami pobrania próby. W laktacji trzeciej zawartość mocznika w mleku w sezonie zimowym (178 mg/l) była istotnie niższa tylko od zawartości mocznika w sezonie letnim (198 mg/l), natomiast zawartość mocznika w sezonie letnim była istotnie wyższa zarówno od zawartości mocznika z sezonie zimowym, jak i w sezonie wiosennym (181 mg/l).

Tabela 2 – Table 2

Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) zawartości mocznika wraz z błędami standardowym (SE) zestawione według sezonów i miesięcy pobrania próby w trzech pierwszych laktacjach

Least squares means (LSM) of milk urea concentration with standard errors (SE) by season and month of test day in the first three lactations

Sezon/miesiąc pobrania próby Season/Month of test-day	Laktacja 1 Lactation 1			Laktacja 2 Lactation 2			Laktacja 3 Lactation 3		
	N	LSM	SE	N	LSM	SE	N	LSM	SE
Wiosna – Spring	1087	182^a	3,7	613	183	4,1	618	181^a	4,1
Marzec – March	308	187	4,8	187	188	5,6	199	187	5,4
Kwiecień – April	407	191	4,3	211	190	5,2	217	189	5,2
Maj – May	372	138	4,4	215	151	5,2	202	151	5,4
Lato – Summer	777	201^b	3,9	423	198	4,4	340	198^b	4,7
Czerwiec – June	363	158	4,5	197	173	5,4	176	176	5,6
Lipiec – July	175	194	5,7	69	202	8,2	47	186	9,7
Sierpień – August	239	267	5,1	157	228	5,9	117	229	6,6
Jesień – Autumn	1024	226^c	4,0	582	195	4,5	342	192^{ab}	5,1
Wrzesień – September	379	262	4,5	214	208	5,5	135	196	6,3
Październik – October	353	245	4,7	199	226	5,7	115	216	6,8
Listopad – November	292	198	5,0	169	171	6,0	92	175	7,5
Zima – Winter	844	200^b	3,9	527	192	4,2	554	178^a	4,3
Grudzień – December	378	220	4,4	246	209	4,9	209	189	5,3
Styczeń – January	208	207	5,5	130	205	6,5	164	201	6,0
Luty – February	258	171	5,1	151	162	6,2	181	156	5,7

N – liczba próbných udojów – number of test-day records

a, b, c – średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (p<0,05)

a, b, c – least squares means within the same column with different superscripts differ significantly (p<0.05)

Podobne wyniki, mimo przyjętego nieco innego podziału na sezony pobrania próby (3-miesięczne sezony począwszy od stycznia), otrzymali Godden i wsp. [5]. Autorzy ci podali, że najwyższa zawartość mocznika wystąpiła w sezonie od lipca do września, natomiast najniższa od kwietnia do czerwca. Również Rajala-Schultz i Saville [16] stwierdzili, że zawartość mocznika była najwyższa w sezonie letnim, ale tylko w odniesieniu do stad niskoprodukcyjnych (mniej niż 7 tys. kg mleka/rok), w których stosowano w tym okresie żywienie pastwiskowe. W przypadku stad wysokoprodukcyjnych (więcej niż 10 tys. kg mleka/rok), w których nie stosowano żywienia pastwiskowego, autorzy ci odnotowali odwrotną zależność, tj. zawartość mocznika w mleku w sezonie letnim była niższa niż w pozostałych sezonach. Tę odmienną zależność Rajala-Schultz i Saville [16] próbowali wyjaśnić niższym pobraniem suchej masy ze względu na wyższą temperaturę powietrza w lecie w porównaniu z pozostałymi sezonami, a w związku z tym niższym pobraniem białka ogólnego, czego końcowym efektem była niższa zawartość mocznika w mleku. Uzasadnienie to nie znalazło potwierdzenia w niniejszej pracy, w której badano również stada wysokoprodukcyjne, żywione TMR. Fatehi i wsp. [4] oraz Hojman i wsp. [7], którzy również badali stada żywione TMR, najwyższą zawartość mocznika odnotowali w miesiącach letnich (czerwiec, lipiec), zaś najniższą w miesiącach jesienno-zimowych (listopad, grudzień), co pozostaje w zgodzie z wynikami tej pracy. Z kolei Wattiaux i wsp. [22], analizując zawartość mocznika w mleku trzech ras bydła: holsztyńskiej, brown swiss oraz jersey, wykazali dużą zmienność tej cechy związaną z miesiącem pobrania próby, zwłaszcza dla ras brown swiss i jersey. Ponadto autorzy ci nie zaobserwowali charakterystycznych trendów w zmianach zawartości mocznika w zależności od miesiąca kalendarzowego, które powtórzyłyby się w kolejnych latach kalendarzowych. Autorzy zasugerowali, że uwzględnienie sezonu pobrania próby zamiast miesiąca kalendarzowego pozwoliłoby na lepsze odzwierciedlenie wpływu takich czynników, jak: temperatura, wilgotność czy ilość światła dziennego oraz zmian w żywieniu. Po uwzględnieniu w modelu liniowym sezonu pobrania próby stwierdzili, że najniższa zawartość mocznika w przypadku rasy holsztyńsko-fryzyjskiej wystąpiła w sezonie wiosennym (podobnie jak w niniejszej pracy dla I laktacji), zaś najwyższa w sezonie letnim (jak w większości cytowanych wyżej prac). Rzewuska i Strabel [17], podobnie jak autorzy tej pracy, odnotowali wysoką zawartość mocznika w mleku polskich krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej w okresie od lipca do października, z najwyższą wartością osiąganą w sierpniu (237 mg/l), natomiast najniższą w styczniu (192 mg/l).

Wiek krów przy wycieleniu. W tabeli 3. przedstawiono średnie najmniejszych kwadratów zawartości mocznika w mleku zestawione według klas wieku krów przy pierwszym, drugim i trzecim wycieleniu. Zawartość mocznika w mleku krów cielących się po raz pierwszy i trzeci nie zależała od wieku, w którym cielily się krowy, natomiast w drugiej laktacji istotna różnica wystąpiła między grupą krów najmłodszych (31-38 miesięcy) i nieco starszych (39-41 miesięcy). Podobnie Wood i wsp. [23] nie stwierdzili zależności między zawartością mocznika a wiekiem krów przy wycieleniu.

Poziom wydajności mleka i zawartości białka. W przypadku dwóch klas wydajności mleka: średniej (od 20 do 29 kg) oraz wysokiej (od 30 do 39 kg), wraz ze wzrostem zawartości białka rosła zawartość mocznika w mleku i różnice te były statystycznie istotne (tab. 4). Jeśli wydajność mleka była bardzo wysoka (przekraczała 40 kg), zawartość

Tabela 3 – Table 3

Średnie najmniejszych kwadratów (LSM) zawartości mocznika wraz z błędami standardowymi (SE) zestawione według klas wieku krów przy pierwszym, drugim i trzecim wycieleniu (Wiek)

Least squares means (LSM) of milk urea concentration with standard errors (SE) by age at calving (Age) classes within the first, second and third lactations

Laktacja 1 – Lactation 1				Laktacja 2 – Lactation 2				Laktacja 3 – Lactation 3			
Wiek (mies.)				Wiek (mies.)				Wiek (mies.)			
Age (mo.)	N	LSM	SE	Age (mo.)	N	LSM	SE	Age (mo.)	N	LSM	SE
20-24	1695	203	3,0	31-38	948	201 ^a	3,6	43-51	603	190	4,1
25-26	1041	202	3,5	39-41	546	185 ^b	4,3	52-55	406	185	4,8
27-28	534	202	4,4	42-44	355	183 ^{ab}	4,9	56-74	845	187	3,7
29-30	286	214	5,7	45-65	296	202 ^{ab}	5,5				
31-45	176	196	7,2								

N – liczba próbných udojów – number of test-day records

a, b – średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (p<0,05)

a, b – least squares means within the same column with different superscripts differ significantly (p<0.05)

Tabela 4 – Table 4

Średnie najmniejszych kwadratów zawartości mocznika (LSM) wraz z błędami standardowymi (SE) zestawione według klas wydajności mleka i zawartości białka

Least squares means (LSM) of milk urea concentration with standard errors (SE) by classes of milk yield and protein percentage

Mleko Milk (kg)	Białko – Protein (%)								
	<3,2			3,2-3,6			>3,6		
	N	LSM	SE	N	LSM	SE	N	LSM	SE
<20	69	188 ^{ab}	7,9	289	169 ^a	4,2	436	191 ^b	3,6
20-29	391	185 ^a	3,6	1131	194 ^b	2,3	841	206 ^c	2,6
30-39	1053	197 ^a	2,5	1665	207 ^b	2,0	561	218 ^c	3,0
≥40	721	219	3,0	516	213	3,2	58	218	8,6
Razem / Total	2234	197 ^a	2,6	3601	196 ^a	1,7	1896	208 ^b	2,7

N – liczba próbných udojów – number of test-day records

a, b, c – średnie w tym samym wierszu oznaczone różnymi literami różnią się istotnie (p<0,05)

a, b, c – least squares means within the same row with different superscripts differ significantly (p<0.05)

mocznika utrzymywała się na stałym poziomie niezależnie od zawartości białka (brak statystycznie istotnych różnic między poszczególnymi klasami zawartości białka). Z kolei przy niskiej wydajności mleka (mniej niż 20 kg) statystycznie istotne różnice w zawartości mocznika wystąpiły tylko między klasami o średniej (od 3,2 do 3,6%) oraz wysokiej (powyżej 3,6%) zawartości białka.

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy nie znajdują potwierdzenia w pracach Fatehi i wsp. [4] oraz Johnson i Young [11], którzy odnotowali malejącą zawartość mocznika w mleku wraz ze wzrostem zawartości białka i zależność ta występowała praktycznie we wszystkich klasach wydajności mleka. Należy dodać, że w cytowanych pracach przyjęto

inny podział na klasy zawartości białka w mleku (poniżej 3,01%, od 3,01 do 3,20% oraz powyżej 3,20%). Odwrotną zależność między zawartością mocznika i zawartością białka w mleku otrzymali również Arunvipas i wsp. [1], Godden i wsp. [5], Hojman i wsp. [7] oraz Rajala-Schultz i Saville [16], przy czym Godden i wsp. [5] pisali o zależności nieliniowej.

W obrębie poszczególnych klas zawartości białka zawartość mocznika rosła wraz ze wzrostem wydajności mleka. Przy zawartości białka poniżej 3,2% zawartość mocznika w klasie bardzo wysokiej wydajności mleka (powyżej 40 kg) różniła się istotnie od zawartości mocznika w pozostałych klasach wydajności mleka, natomiast między pozostałymi klasami wydajności mleka nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic. Przy średniej (od 3,2 do 3,6%) i wysokiej (powyżej 3,6%) zawartości białka istotne różnice w zawartości mocznika wystąpiły między prawie wszystkimi klasami wydajności mleka. Nie różniły się między sobą jedynie klasy wydajności mleka: wysoka (od 30 do 40 kg) oraz bardzo wysoka (powyżej 40 kg). Wielu autorów potwierdziło, że wraz ze wzrostem wydajności mleka rosła zawartość mocznika w mleku [1, 4, 5, 7, 10, 11].

Podsumowując można stwierdzić, że zawartość mocznika w mleku krów zmieniała się w zależności od numeru laktacji, fazy laktacji, miesiąca i sezonu pobrania próby oraz poziomu wydajności mleka i zawartości białka w mleku. Zawartość mocznika w mleku była istotnie wyższa w laktacji pierwszej niż w laktacjach późniejszych, tzn. drugiej i trzeciej, co może wynikać z lepszego zbilansowania dawki pokarmowej w późniejszych laktacjach, jak również z różnic fizjologicznych między pierwiastkami a krowami starszymi. Ponadto zmiany zawartości mocznika w mleku krów w laktacji pierwszej miały inny charakter niż w laktacjach późniejszych, tzn. w laktacji pierwszej tendencja wzrostowa utrzymywała się do końca laktacji, natomiast w laktacji drugiej i trzeciej – do około 7-8 miesiąca. Może to świadczyć o nadmiernej podaży białka ogólnego po szczycie wydajności mlecznej, zwłaszcza w laktacji pierwszej. Nie zaobserwowano prawidłowości dotyczących zmian zawartości mocznika w zależności od sezonu pobrania próby, które powtórzyłyby się w kolejnych laktacjach. Wraz ze wzrostem zawartości białka i wydajności mleka rosła zawartość mocznika w mleku.

PIŚMIENNICTWO

1. ARUNVIPAS P., DOHOO I.R., VANLEEUEWEN J.A., KEEFE G.P., 2003 – The effect of non-nutritional factors on milk urea nitrogen levels in dairy cows in Prince Edward Island, Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 59, 83-93.
2. BASTIN C., LALOUX L., GILLON A., MIGLIOR F., SOYEURT H., HAMMAMI H., BERTOZZI C., GENGLER N., 2009 – Modeling milk urea of Walloon dairy cows in management perspectives. *Journal of Dairy Science* 92, 3529-3540.
3. BRODERICK G.A., CLAYTON M.K., 1997 – A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science* 80, 2964-2971.
4. FATEHI F., ZALI A., HONARVAR M., DEHGHAN-BANADAKY M., YOUNG A.J., GHIASVAND M., EFTEKHARI M., 2012 – Review of the relationship between milk urea nitrogen and days in milk, parity, and monthly temperature mean in Iranian Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 95, 5156-5163.

5. GODDEN S.M., LISSEMORE K.D., KELTON D.F., LESLIE K.E., WALTON J.S., LUMSDEN J.H., 2001 – Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84, 107-114.
6. GUSTAFSSON A.H., PALMQUIST D.L., 1993 – Diurnal variation of rumen ammonia, serum urea and milk urea in dairy cows at high and low yields. *Journal of Dairy Science* 76, 475-484.
7. HOJMAN D., KROLL O., ADIN G., GIPS M., HANOCHI B., EZRA E., 2004 – Relationships between milk urea and production, nutrition and fertility traits in Israeli dairy herds. *Journal of Dairy Science* 87, 1001-1011.
8. HOSSEIN-ZADEH N.G., ARDALAN M., 2011 – Estimation of genetic parameters for milk urea nitrogen and its relationship with milk constituents in Iranian Holstein. *Livestock Science* 135, 274-281.
9. JAMROZ D., POTKAŃSKI A. (red.), 2004 – Żywnienie zwierząt i paszoznawstwo. Podstawy szczegółowego żywienia zwierząt. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
10. JÍLEK F., ŘEHÁK D., VOLEK J., ŠTÍPKOVÁ M., NĚMCOVÁ E., FIEDLEROVÁ M., RAJMON R., ŠVESTKOVÁ D., 2006 – Effect of herd, parity, stage of lactation and milk yield on urea concentration in milk. *Czech Journal of Animal Science* 51, 510-517.
11. JOHNSON R.G., YOUNG A.J., 2003 – The association between milk urea nitrogen and DHI production variables in Western commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science* 86, 3008-3015.
12. JONKER J.S., KOHN R.A., ERDMAN R.A., 1998 – Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81, 2681-2692.
13. LOKER S., BASTIN C., MIGLIOR F., SEWALEM A., SCHAEFFER L.R., JAMROZIK J., ALI A., OSBORNELL V., 2012 – Genetic and environmental relationship between body condition score and milk production traits in Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* 95, 410-419.
14. MIGLIOR F., SEWALEM A., JAMROZIK J., BOHMANOVA J., LEFEBVRE D.M., MOORE R.K., 2007 – Genetic analysis of milk urea nitrogen and lactose and their relationships with other production traits in Canadian Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 90, 2468-2479.
15. MITCHELL R.G., ROGERS G.W., DECHOW C.D., VALLIMONT J.E., COOPER J.B., SANDER-NIELSEN U., CLAY J.S., 2005 – Milk urea nitrogen concentration: Heritability and genetic correlations with reproductive performance and disease. *Journal of Dairy Science* 88, 4434-4440.
16. RAJALA-SCHULTZ P.J., SAVILLE W.J.A., 2003 – Sources of variation in milk urea nitrogen in Ohio dairy herds. *Journal of Dairy Science* 86, 1653-1661.
17. RZEWUSKA K., STRABEL T., 2013 – Effects of some non-genetic factors on concentration of urea in milk in Polish Holstein-Friesian cows. *Journal of Animal and Feed Sciences* 22, 197-203.
18. RZEWUSKA K., STRABEL T., 2013 – Genetic parameters for milk urea concentration and milk traits in Polish Holstein-Friesian cows. *Journal of Applied Genetics* 54, 473-482.
19. SAS Institute Inc., 2008 – SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

20. SCHEPERS A.J., MEIJER R.G.M., 1998 – Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. *Journal of Dairy Science* 81, 579-584.
21. STOOP W.M., BOVENHUIS H., VAN ARENDONK J.A.M., 2007 – Genetic parameters for milk urea nitrogen in relation to milk production traits. *Journal of Dairy Science* 90, 1981-1986.
22. WATTIAUX M.A., NORDHEIM E.V., CRUMP P., 2005 – Statistical evaluation of factors and interactions affecting dairy herd improvement milk urea nitrogen in commercial Midwest dairy herds. *Journal of Dairy Science* 88, 3020-3035.
23. WOOD G.M., BOETTCHER P.J., JAMROZIK J., JANSEN G.B., KELTON D.F., 2003 – Estimation of genetic parameters for concentrations of milk urea nitrogen. *Journal of Dairy Science* 86, 2462-2469.

Alicja Satola, Ewa Ptak

The effect of selected factors on urea concentration in the milk of Polish Holstein-Friesian cows

Summary

The objective of the study was to determine the relationships between milk urea concentration and factors such as lactation number, stage of lactation, month and season of the test day, age at calving, milk yield and protein percentage. Data for the calculations consisted of 7,731 test-day records from 1,078 Polish Holstein-Friesian cows. Test-day milking was performed for first, second and third lactations during the period from December 2010 to December 2011. Calculations were performed using the MIXED procedure in SAS/STAT. A mixed linear model using was applied in which parameters were estimated by the restricted maximum likelihood (REML) method. Least squares means for fixed effects in the model were compared by the Tukey-Kramer test. The first lactation differed significantly ($p < 0.05$) from the second and third in terms of mean urea concentration, but there were no significant differences between the second and third lactations. For primiparous cows the milk urea concentration increased throughout lactation, but for older cows it increased only up to 7–8 months of lactation. Urea concentrations did not differ significantly in the same stages of consecutive lactations, i.e. the first and second or second and third. Statistically significant differences were noted between the first and third lactations only in months 9 and 10 of lactation. Seasonal changes in milk urea content varied depending on the lactation number. In the first lactation the milk urea concentration was lowest in spring and highest in autumn. This tendency was not observed in the second and third lactation. Milk urea concentration was positively associated with both milk yield and protein percentage.

KEY WORDS: dairy cattle / urea / non-genetic factors