

Źródła i następstwa zmian poziomu mocznika w mleku krów – znaczenie dla oceny poprawności żywienia oraz stanu środowiska naturalnego

Piotr Guliński, Ewa Salamończyk, Krzysztof Młynek

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Katedra Hodowli Bydła i Oceny Mleka, ul. Prusa 14, 08–110 Siedlce

Wprowadzenie

Stężenie mocznika w mleku (ang. MUN – Milk Urea Nitrogen) jest narzędziem, wykorzystywanym we współczesnej hodowli bydła mlecznego do monitorowania skuteczności wykorzystania białka w układzie pokarmowym krów mlecznych. W żwaczu mikroorganizmy degradują białko paszy do amoniaku; gdy jego produkcja odbywa się w obecności optymalnej ilości fermentujących węglowodanów, obecne w żwaczu mikroorganizmy potrafią wychwycić amoniak i wykorzystywać zawarty w nim azot do budowy aminokwasów i własnego białka. Jednakże w praktyce, szczególnie odnoszącej się do krów wysoko wydajnych, w wyniku tzw. deficytu energetycznego w żwaczu pojawia się nadmiar amoniaku, który jest absorbowany przez ścianę żwacza i dostaje się do krwi, a z nią do wątroby, gdzie w hepatocytach jest przekształcany w cyklu mocznikowym w mocznik. Dlatego też, poziom mocznika w mleku stanowi dokładną informację na temat ilości azotu, która przy niedoborze energii nie jest wykorzystywana do wzrostu drobnoustrojów żwacza, a w efekcie do syntezy białek mleka. W sytuacji, gdy stosowane dawki pokarmowe zawierają zbyt duże ilości białka, nadmiar azotu jest wydzielany do płynów ustrojowych, tj. osocza krwi (ang. PUN – Plasma Urea Nitrogen), mleka i moczu (ang. UN – Urine Nitrogen). Poziom mocznika w mleku jest zatem bardzo przydatnym wskaź-

nikiem, który informuje współczesnych hodowców bydła mlecznego, w jakich sytuacjach krowy nie wykorzystują w pełni pobranego w paszy białka i wydalają na zewnątrz nadmiar azotu, albo też, że są im podawane dawki pokarmowe ubogie w białko. Praktyczne wykorzystanie informacji na temat poziomu mocznika w mleku pozwala ocenić zbilansowanie energetyczno-białkowe stosowanych dawek pokarmowych, a także zmniejszyć koszty paszy i potencjalne straty azotu z gospodarstwa, utrzymującego bydło.

Wyniki badań naukowych wskazują jednoznacznie, że istnieje bezpośredni związek między poziomem białka w dawkach bydła mlecznego i ilością azotu wydalanego w płynach ustrojowych krów. Około 75–85% podawanego w nadmiarze w dawkach pokarmowych białka jest wydalane z organizmu. Poziom azotu, wydalanego z kałem zwierząt, jest w zasadzie stały i nie można go znacznie zmieniać. Inaczej jest z poziomem azotu w moczu krów, który może być efektywnie regulowany poprzez zbilansowanie potrzeb energetyczno-białkowych zwierząt. Szacuje się, że około 50% nadmiaru mocznika jest usuwane natychmiast z organizmu w postaci moczu, w którym stanowi 70–80% składu. Główne składniki moczu bydła, zawierające azot, to: mocznik (70%), alantoina (8%), kwas hipurowy (6%), kreatynina (4%), kreatyny (3%) i amoniak (3%). Krowy mleczne usuwają około 2,5–3,0% ogólnej ilości mocznika w organizmie również wraz z mlekiem (Spek, 2013).

Poziom mocznika w mleku jest znac-

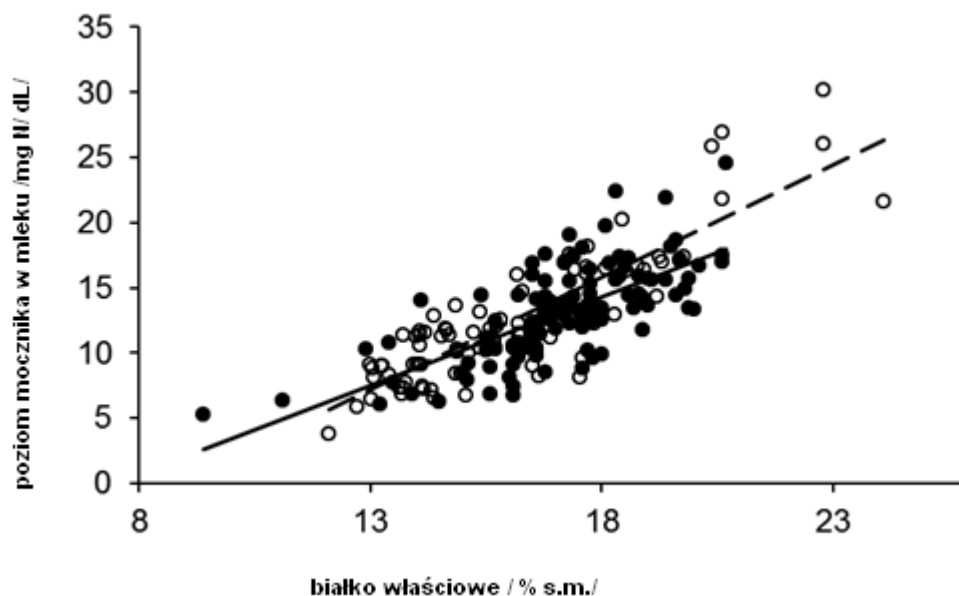
nie zróżnicowany i uzależniony od szeregu czynników. W praktyce nie ma takiej sytuacji, aby nie było mocznika w mleku. Wykazanie braku mocznika w rejestrach wynikowych świadczy o błędach w jego oznaczeniu. Zawartość mocznika w mleku jest najczęściej charakteryzowana w mg na dl lub mg na 1 l mleka. Szacuje się, że w około 95% próbek mleka, pochodzącego od krów rasy phf, zakres zawartości mocznika zamyka się w granicach od 50 do 200 mg w 1 l. W przypadku stosowania dobrze zbilansowanych dawek pokarmowych przeciętna koncentracja mocznika kształtuje się w granicach 100–120 mg w 1 l. Wyżej wymienione górne wartości graniczne wyraźnie wzrastają, jeżeli w dawkach pokarmowych występuje nadmiar białka lub zbyt niski poziom węglowodanów. W kraju i na świecie rozpowszechniony jest pogląd, że zawartość mocznika w przedziale 150–250 mg w 1 l, przy zawartości białka w mleku, zamykającej się w granicach 3,2–3,6%, jest optymalny z punktu widzenia zbilansowania białka i energii w dawkach pokarmowych dla krów mlecznych.

Czynniki wpływające na poziom mocznika w mleku krów

Poziom białka i wybranych składników mineralnych (Na i K) w dawkach pokarmowych

Analiza stężenia mocznika mleka (MUN) stanowi swoisty sygnał alarmowy, wskazujący na potencjalne niedoskonałości w systemie żywienia bydła i stosowanych dawek pokarmowych.

Wzrost zawartości w podawanych zwierzętom dietach białek, które są głównym źródłem azotu dla bydła, powoduje wyraźny wzrost azotu całkowicie wydalanego w moczu (UN, g N/d) w stosunku do wydalanego w kale zwierząt i prowadzi do podwyższonego stężenia mocznika w mleku (MUN; mg N/dl) (Broderick, 2003; Jonker i in., 1999; Kebreab i in., 2002). Według Jonkera i in. (1999) oraz Kebreaba i in. (2002), wzrost udziału białka właściwego w s.m. dawki z 13 do 18% prowadzi do podwyższenia koncentracji mocznika w mleku z 70 do ponad 150 mg w 1 l (ryc. 1).



poziom mocznika w mleku (mg N/dL) – milk urea level (mg N/dL)
białko właściwe (% s.m.) – true protein (% DM)

Ryc. 1. Współzależność pomiędzy poziomem białka w paszy a koncentracją mocznika w mleku krów (Kebreab i in., 2002)

Fig. 1. Relationship between dietary protein level and cow's milk urea concentration (Kebreab et al., 2002)

González i Vázquez (2002) analizowali wpływ suplementowania dawek pokarmowych dla bydła dodatkiem białka surowego (śrutą sojową) na poziom mocznika w mleku. Ocenie poddano 32 krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, które podzielono na 4 grupy: brak suplementacji białka (tylko pastwisko), 14% białka w s.m.

dawki, 17% białka w s.m. dawki i 20% białka w s.m. dawki.

Oznaczony przeciętny poziom mocznika w mleku dla wyodrębnionych w ten sposób grup krów wyniósł odpowiednio: 244, 295, 317 i 364 mg/kg. Otrzymane wyniki okazały się statystycznie istotne przy $P \leq 0,05$ (tab. 1).

Tabela 1. Wpływ suplementowania dawek pokarmowych białkiem na poziom mocznika w mleku krów rasy hf (Gonzalez i Vazquez, 2002)

Table 1. Effect of protein supplementation of rations on milk urea level in HF cows (Gonzalez and Vazquez, 2002)

| Dawka pokarmowa <i>Dietary ration</i> | Pastwisko <i>Pasture</i> | 14% białka surowego <i>14% crude protein</i> | 17% białka surowego <i>17% crude protein</i> | 20% białka surowego <i>20% crude protein</i> | Średnia <i>Mean</i> | Sd |
|--|-----------------------------|--|--|--|------------------------|------|
| Wydajność mleka (l/d) <i>Milk yield (l/d)</i> | 15,3 b | 18,0 a | 19,2 a | 19,4 a | 18,0 | 2,00 |
| % białka w mleku <i>% protein in milk</i> | 2,93 b | 3,03 b | 3,20 a | 2,95 b | 3,03 | 0,15 |
| % tłuszczu w mleku <i>% fat in milk</i> | 3,28 | 3,22 | 3,36 | 3,35 | 3,30 | 0,30 |
| Mocznik w mleku (mg/kg) <i>Urea in milk (mg/kg)</i> | 244 c | 295 b | 317 b | 364 a | 305 | 43 |

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$.
Means in rows with different letters differ significantly at $P \leq 0.01$.

Borkowska i in. (2002), analizując mleko od 485 krów, utrzymywanych w 5 stadach na Lubelszczyźnie, stwierdzili, że bez względu na poziom produkcyjny stad próby mleka z okresu żywienia letniego zawierały istotnie ($P \leq 0,01$) więcej mocznika w porównaniu do sezonu zimowego (300 vs 169 mg/l). Autorzy łączą otrzymane wyniki z większą podażą białka paszowego w letnim okresie produkcji. Na istotny wpływ sezonu produkcji mleka i związanego z tym wysokiego poziomu białka w paszy wskazują także wyniki pracy Gulińskiego i in. (2008), w której wykazano, że najwięcej mocznika zawierało mleko wyprodukowane w sezonie letnim (225 mg/l), a najmniej wyprodukowane w sezonie zimowym (172 mg/l).

Według Banninka i in. (2010), stosowanie dawek pokarmowych bogatych w składniki

mineralne, takie jak sód (Na) i potas (K), prowadzi do zwiększonego zużycia wody i zwiększonej produkcji moczu, zmniejszając tym samym poziom mocznika w mleku i osoczu krwi. Campeneere i in. (2006) wykazali, że krowy, którym podawano sianokiszonkę (dużo Na i K), „produkowały” o 43% moczu więcej niż ich rówieśnice, którym podawano kiszonkę z kukurydzy. W badaniach Van Duinkerkena i in. (2005) ilość moczu, produkowanego przez krowy, którym podawano sianokiszonkę, była aż o 60% wyższa. W badaniach Speka (2013) wzrostowi poboru sodu na dzień z poziomu 69 do 419 g towarzyszyło zwiększenie poboru wody (z 61,7 do 115,7 kg), zwiększenie objętości moczu wytwarzanego przez krowę (z 18,2 do 67,7 kg/dzień) i zmniejszenie poziomu mocznika w mleku (ze 152 do 118 mg/l) (tab. 2).

Tabela 2. Wpływ poziomu suplementowania dawek pokarmowych sodem na wybrane wskaźniki produkcyjne oraz skład mleka i osocza krwi u krów mlecznych (Spek, 2013)

Table 2. Effect of the level of dietary ration supplementation with sodium on selected production indicators and composition of milk and blood plasma in dairy cows (Spek, 2013)

| Analizowane wskaźniki <i>Analysed parameters</i> | Wielkość poboru sodu (g/dzień) – <i>Sodium intake (g/day)</i> | | | |
|--|---|--------|--------|---------|
| | 69 | 198 | 292 | 417 |
| Pobór s.m. (kg/dzień) <i>DM intake (kg/day)</i> | 21,0 | 21,4 | 21,6 | 21,6 |
| Pobór wody (kg/dzień) <i>Water intake (kg/day)</i> | 61,7 a | 82,1 b | 90,9 c | 115,7 d |
| Objętość moczu (kg/dzień) <i>Urine volume (kg/day)</i> | 18,2 a | 30,6 b | 46,6 c | 67,7 d |
| Poziom kreatyniny w moczu (mmol/dzień) <i>Urine creatinine level (mmol/day)</i> | 123 a | 114 a | 134 a | 128 a |
| Poziom kreatyniny w osoczu (μmol/L) <i>Plasma creatinine level (μmol/L)</i> | 56,0 a | 53,0 b | 50,3 c | 47,8 d |
| Mocznik w osoczu (mg N/L) <i>Plasma urea (mg N/L)</i> | 152 a | 129 b | 137 c | 118 d |
| Mocznik w mleku (mg N/L) <i>Milk urea (mg N/L)</i> | 125 a | 112 b | 108 c | 99 d |

Średnie w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$.
Means in rows with different letters differ significantly at $P \leq 0,01$.

Przedstawione powyżej wyniki badań wskazują na istnienie negatywnej współzależności pomiędzy koncentracją mocznika w mleku a objętością moczu produkowanego przez zwierzęta. Podawanie pasz bogatych w Na i K prowadzi do zwiększonej produkcji moczu i w konsekwencji przyczynia się do obniżania poziomu mocznika w mleku.

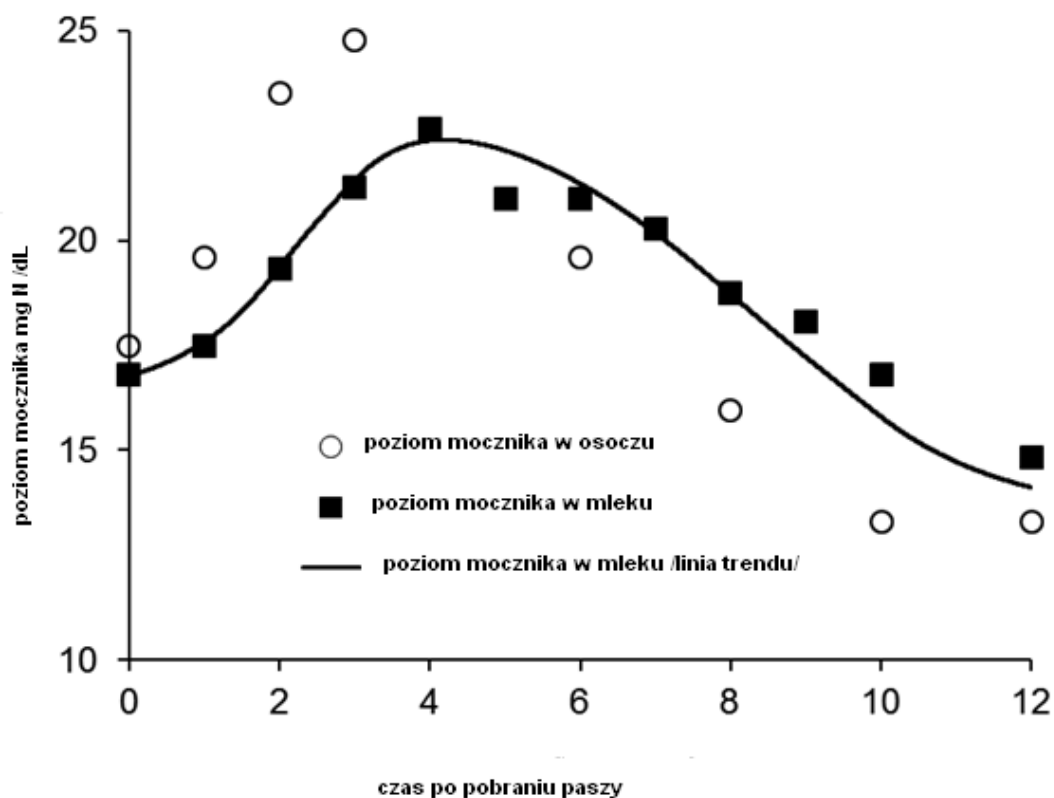
Termin pobierania próbek mleka

W analizie przyczyn występowania różnic w dobowej koncentracji mocznika w mleku, stwierdzanych w wielu pracach, za podstawową należy uznać odległość czasową pomiędzy pobraniem paszy przez zwierzęta a terminem pobrania próbek mleka, w których dokonywano oceny. Czas przyjmowania pokarmu w ciągu dnia wpływa na dobowe wahania stężenia amoniaku w żwaczu, PUN, MUN i kształtowanie się współzależności pomiędzy PUN i MUN.

Po pobraniu pasz, w żwaczu następuje mikrobiologiczny rozkład białka, prowadzący do wzrostu stężenia amoniaku w żwaczu, który wraz ze krwią trafia do wątroby. Tam ulega de-

toksykacji i jest zamieniany na mocznik, którego poziom w płynach ustrojowych radykalnie wzrasta. Według Speka (2013), najwyższy poziom zawartości mocznika w mleku krów miał miejsce w 4–6 godzinie po pobraniu paszy (ryc. 2).

Broderick i Clayton (1997) dokonali porównania poziomu mocznika w mleku i moczu u krów w ciągu dnia (04:00–16:00 h) i w ciągu nocy (16:00–04:00 h). Średnia MUN w ciągu dnia (16,0 mg N/dl) była o 33% wyższa niż w porze nocnej (12,0 mg N/dl); natomiast stężenie mocznika w moczu (UUN) było wyższe w okresie nocy. Te wykazane różnice w poziomie mocznika między dniem i nocą spowodowały, że stosunek mocznika mleka do mocznika moczu (UUN : MUN) wyniósł: 4,6 i 7,7, odpowiednio: na okres dnia i na okres nocy. Dobowe różnice w poziomie mocznika w mleku i moczu krów oraz w relacjach pomiędzy nimi wskazują, że związek pomiędzy koncentracją mocznika w mleku krów i w ich moczu nie jest stały. Najprawdopodobniej, główną rolę w kształtowaniu się stosunku MUN i UUN w organizmach krów odgrywa moment pobrania próbki mleka.



poziom mocznika (mg N/dL) – *urea level (mg N/dL)*
 poziom mocznika w osoczu – *plasma urea level*
 poziom mocznika w mleku – *milk urea level*
 poziom mocznika w mleku (linia trendu) – *milk urea level (trend line)*
 czas po pobraniu paszy – *time after feed intake*

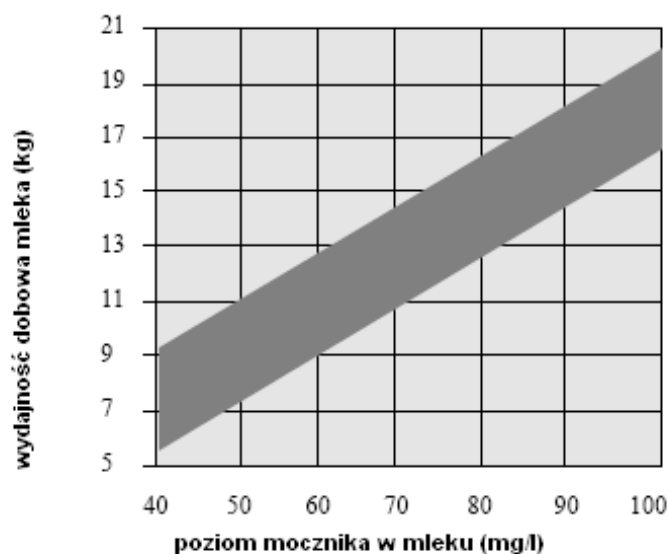
Ryc. 2. Stężenie mocznika w mleku krów w kolejnych godzinach po odpasie (Spek, 2013)
 Fig. 2. Cow's milk urea concentration in consecutive hours after feeding (Spek, 2013)

Poziom wydajności mlecznej

Jednym z kluczowych czynników, związanych z koncentracją mocznika w mleku krów, jest poziom ich wydajności. Wyniki badań wielu autorów wskazują jednoznacznie na poziom wydajności mleka, jako jeden z zasadniczych czynników, wpływających na wzrost poziomu mocznika (Guliński i in., 2008; Rzewuska i Strabel, 2013 a,b; Sawa i in., 2010). Na rycinach 3 i 4 przedstawiono optymalne stężenie mocznika u krów o różnej wydajności dobowej i laktacyjnej (Jonker i in., 1999).

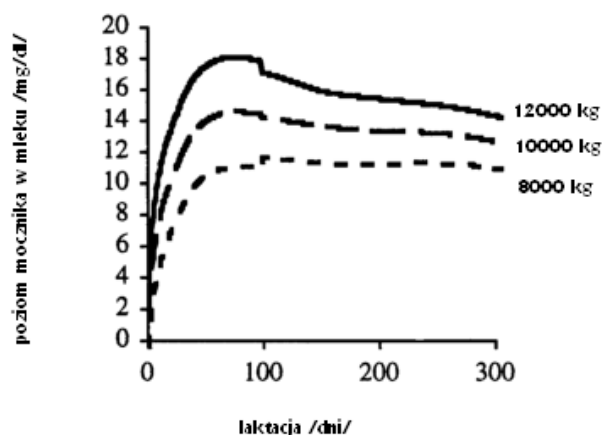
Na znaczący wpływ poziomu wydajności mlecznej krów na poziom mocznika wskazują także wyniki pracy Rzewuskiej i Strabla (2013 a,b).

Ocenili oni 900 962 próbek mleka od krów pierwiastek, objętych oceną użytkowości w Polsce w latach 2001–2009 i stwierdzili, że zawartość mocznika w 1 litrze mleka wynosiła: 206,7, 212,4 i 236,2 mg, odpowiednio dla krów: z niskiego (<20 kg), średniego (20–25) i wysokiego (>25 kg) poziomu produkcji dobowej.



wydajność dobową mleka (kg) – daily milk yield (kg)
poziom mocznika w mleku (mg/l) – milk urea level (mg/l)

Ryc. 3. Optymalne stężenie mocznika w mleku krów o różnej wydajności dobowej (Jonker i in., 1999)
Fig. 3. Optimum milk urea concentration in cows with different daily yields (Jonker et al., 1999)



poziom mocznika w mleku (mg/dl) – milk urea level (mg/dl)
laktacja (dni) – lactation (days)

Ryc. 4. Przeciętny poziom mocznika w mleku krów o różnych wydajnościach laktacyjnych (Jonker i in., 1999)
Fig. 4. Average milk urea level in cows with different lactation yields (Jonker et al., 1999)

Wpływ masy ciała na poziom mocznika w mleku

Masa ciała krów jest dodatnio skorelowana z poziomem mocznika w osoczu PUN, jak również z jego koncentracją w mleku MUN (Kauffman i St.-Pierre, 2001). Znajduje to swoje logiczne uzasadnienie w fakcie, iż duże zwierzęta mają większą objętość mocznika w stosunku do małych.

Dlatego też, zmniejszenie poziomu mocznika w osoczu (PUN) „dużego” zwierzęcia wymaga wydzielania więcej mocznika w moczu i w mleku w porównaniu do mniejszych zwierząt. Kauffman i St.-Pierre (2001) stwierdzili relacje liniowe między MUN i UUN, które były różne dla krów ras Jersey i holsztyńskofryzyskiej (tab. 3).

Tabela 3. Wpływ masy ciała na poziom azotu mocznikowego w mleku i moczu krów (g/d) (oprac. własne)
 Table 3. Effect of body weight on urea nitrogen level in cow's urea and milk (g/d) (author's own compilation)

| Masa ciała <i>Body weight</i> | Poziom mocznika w mleku <i>Milk urea level</i> (mg/dl) | Równanie regresji <i>Regression equation</i> | Poziom mocznika w moczu <i>Milk urea level</i> (g/d) |
|----------------------------------|---|---|---|
| 400 | 10 | | 103,6 |
| 400 | 20 | 0,0259 x masa ciała (kg) x MUN | 207,2 |
| 400 | 30 | (mg/dl) | 310,8 |
| 650 | 10 | 0,0259 x body weight (kg) x MUN | 168,3 |
| 650 | 20 | (mg/dl) | 336,7 |
| 650 | 30 | | 505,1 |

Na 1 mg mocznika mleka było wydalane 17,6 g N/dl w przypadku krów rasy hf i 11,8 g N/dl w przypadku krów rasy Jersey. Znane i opisane są także współczynniki dla masy ciała krów i poziomu mocznika w ich mleku, uwzględniane w predykcji poziomu azotu mocznikowego moczu krów. Współczynniki dla masy ciała wynosiły: w pracy Kauffman i St.-Pierre (2001) – $b = 0,0259$; w pracy Wattiaux i Karga (2004) – $b = 0,0283$; w pracy Zhai i in. (2007) – $b = 0,0247$. Dodatkowo współczynniki regresji oznaczają, że zwiększanie masy ciała u krów o 1 kg jest związane z podnoszeniem poziomu mocznika w mleku przez nie produkowanym o $\approx 0,026$ g/l l. Także w opinii Kohna i in. (2002), masa ciała jest czynnikiem w stały sposób oddziałującym na poziom mocznika w płynach ustrojowych zwierząt. Dlatego według tych autorów, poziom azotu w moczu krów można prognozować z uwzględnieniem informacji na temat kalibru krów, wykorzystując w obliczeniach następujące równanie regresji: $UN = 0,026 \times \text{masa ciała krowy (kg)} \times \text{poziom mocznika w mleku (mg/dl)}$.

Czynniki genetyczne

Gołębiewski i in. (2011) porównali poziom mocznika w mleku krów ras phf i Montbeliarde, utrzymywanych w 6 stadach objętych oceną użyteczności mlecznej. Wyniki ich obserwacji wykazały, że mleko produkowane przez te zwierzęta charakteryzowało się identycznym przeciętnym poziomem mocznika, wynoszącym 251 mg/l. Z kolei, Pytlewski i in. (2011) ocenili znaczenie dolewu krwi rasy hf w genotypach krów czarno-białych w kraju dla poziomu mocznika w mleku.

Autorzy ci wykazali, że mleko produ-

kowane przez zwierzęta o różnym udziale krwi rasy hf: ≤ 75 , $75,1-87,5$ i $> 87,5\%$ zawierało odpowiednio: 162, 168 i 173 mg mocznika w 1 litrze. Doska i in. (2012) analizowali w Brazylii poziom mocznika u 16 013 krów czterech następujących ras: Holstein, Jersey, Brown Swiss i mieszańców międzyrasowych hf x Girlando. Otrzymane przez nich wyniki wskazują na znaczny wpływ rasy bydła na koncentrację mocznika w mleku (ryc. 5).

Na jeden z wyższych poziomów mocznika w mleku u nisko produkcyjnych krów ras miejscowych w Bangladeszu wskazują w swoim opracowaniu Baset i in. (2010). Ocenili oni cechy mleka krów dwóch grup – rasy lokalnej i mieszańców (rasa lokalna x hf), sklasyfikowanych według intensywności żywienia. Średnia dobowo wydajność mleka została obliczona na 6,76 i 3,67 kg; przeciętna masa ciała krów tych dwóch grup wyniosła odpowiednio: 350,9 i 215,5 kg, a koncentracja mocznika w mleku ukształtowała się na poziomie odpowiednio: 388,6 i 285,5 mg w 1 l.

Wielu autorów zajmowało się opracowaniem współczynników odziedziczalności dla tej cechy mleka krów. Współczynniki odziedziczalności dla koncentracji mocznika w mleku, wyliczone w tych pracach wyniosły: $h^2 = 0,13-0,14$ (Bastin i in., 2009; König i in., 2008), $h^2 = 0,15-0,22$ (Mitchell i in., 2005), $h^2 = 0,44-0,59$ (Wood i in., 2003). Rzewuska i Strabel (2013 a,b) podają, że średnia wartość współczynnika odziedziczalności dla MUN wynosiła 0,22 (I laktacja) i 0,21 (II i III laktacja). Współczynniki korelacji genetycznych pomiędzy MUN mleka oraz innymi cechami mleka były znacznie zróżnicowane.

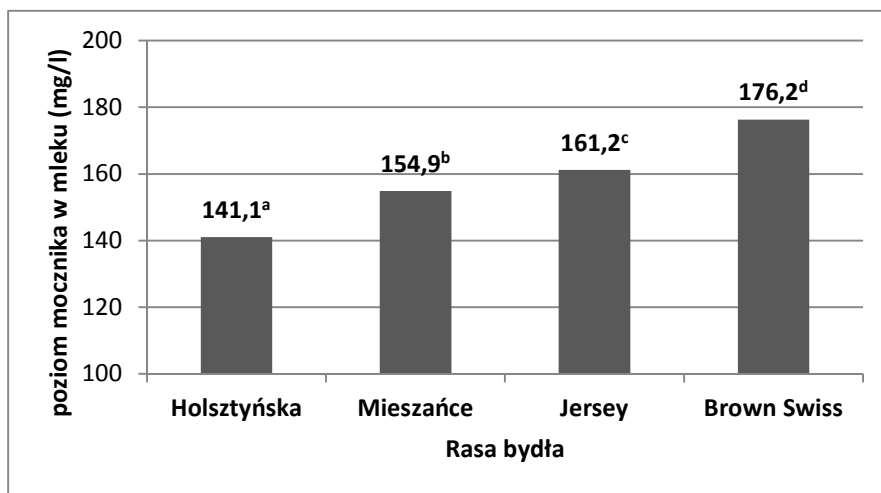
W przypadku zawartości białka i LKS

były małe i ujemne (-0,24 do -0,11 oraz -0,14 do -0,09). Najślabsze korelacje stwierdzono dla MUN oraz zawartości tłuszczu i laktozy w mleku (-0,10 do 0,10).

Najwyższe genetyczne korelacje otrzymano do MUN i wydajności mleka w laktacji (0,20 do 0,42). W podsumowaniu autorzy pracy zauważyli, że prowadzona w Polsce selekcja na

LKS i wydajność mleka może prowadzić do wzrostu poziomu mocznika w mleku krów.

Konkludując należy stwierdzić, że odziedziczalność koncentracji mocznika w mleku jest średnia, ale wartość hodowlana dla tej cechy jest w niewielkim stopniu związana ze skutecznością usuwania azotu mocznikowego z organizmu zwierząt.



Średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,01$.

Means with different letters differ significantly at $P \leq 0,01$.

poziom mocznika w mleku (mg/l) – milk urea level (mg/l), rasa bydła – breed of cattle,

holsztyńska – Holstein, mieszańce – crossbreds.

Ryc. 5. Koncentracja mocznika w mleku krów różnych ras (Doska i in., 2012)

Fig. 5. Milk urea concentrations in cows of different breeds (Doska et al., 2012)

Częstotliwość zadawania pasz, liczba dojów, poziom zaopatrzenia w wodę i pH żwacza

Shabi i in. (1998) stwierdzili, że zwiększeniu częstotliwości zadawania paszy z dwóch do czterech razy w ciągu doby towarzyszył spadek poziomu mocznika w osoczu o 4,4 mg/dl. Podawanie dawek pokarmowych, łączących pasze objętościowe z treściwymi (TMR) jest najbardziej właściwym sposobem postępowania z punktu widzenia wyrównanego poziomu mocznika w mleku krów. Duża liczba hodowców nadal jednak podaje pasze w tradycyjny sposób, tj. odrębnie pasze objętościowe, treściwe i mineralne lub stosuje system pastwiskowy. Taki sposób postępowania wpływa na chwilowe zwiększanie rozkładu białka w żwaczu, a następnie na wielkość i czas trwania stężenia amoniaku

w żwaczu i krwi. W rezultacie, taki sposób zadawania paszy prowadzi do raptownych wzrostów i spadków poziomu mocznika w mleku, osoczu i moczu krów. Nielsen i in. (2005) obserwowali z kolei wzrost koncentracji mocznika u krów dojonych z 6-godzinną przerwą (3 x na dobę) w porównaniu do dojonych z 12-godzinną przerwą (2 x na dobę). Poziom mocznika ukształtował się odpowiednio: 113 i 99 mg/l 1 mleka. W podsumowaniu należy stwierdzić, że zwiększanie ilości odpasów w ciągu doby – zmniejsza, a zwiększanie liczby dojów – zwiększa poziom mocznika w mleku krów.

Poziom pobranej wody wpływa na koncentrację mocznika zarówno w osoczu krwi (PUN), jak również w mleku (MUN). W pracy Burgos i in. (2001) krowy mleczne, które miały

pokryte tylko 50% poziomu zapotrzebowania na wodę, charakteryzowały się 1,58 x wyższą koncentracją mocznika w mleku w porównaniu do rówieśnic, którym podawano wodę *ad libitum*. W opinii tych autorów, zwiększone spożycie wody obniża poziom mocznika w osoczu (PUN) i w konsekwencji w mleku (MUN), natomiast ograniczony dostęp do wody zwiększa poziom mocznika w mleku.

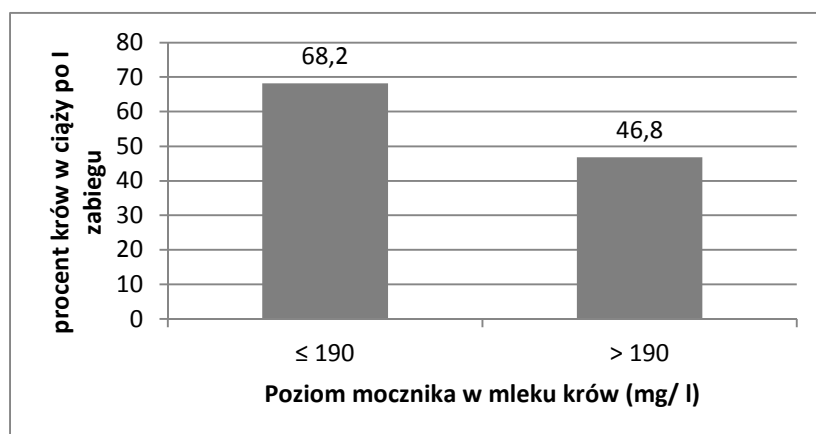
Rémond i in. (1993) oraz Abdoun i in. (2005, 2010) wskazują na rodzaj węglowodanów w diecie, który może wpływać na szybkość fermentacji i profil kwasów tłuszczowych o krótkich łańcuchach oraz wielkość stężenia amoniaku w treści żwacza, a w konsekwencji na dynamikę koncentracji mocznika w osoczu krwi (PUN) i w mleku (MU).

Podawanie szybko fermentujących pasz wpływało na szybkość przepływu stru-

mienia mocznika z krwi do płynu żwacza przez ścianę żwacza (Kennedy i in., 1981). Wyniki badań naukowych (Abdoun i in., 2005, 2010; Rémond i in., 1993; Norton i in., 1982) wykazały, że odczyn treści żwacza, stężenie CO₂ i kwasu masłowego są skorelowane z szybkością transportu amoniaku i mocznika w poprzek ściany żwacza. Obniżanie pH treści żwacza prowadzi do wzrostu poziomu mocznika w mleku krów.

Mocznik w mleku a płodność krów

W szeroko cytowanym doświadczeniu Butler i in. (1996), oceniając znaczenie mocznika w mleku dla płodności krów wykazali, że wywiera on istotny wpływ na procent krów zacielonych po I zabiegu unasienniania (ryc. 6).



procent krów w ciąży po I zabiegu – percent of pregnant cows after first insemination
poziom mocznika w mleku krów (mg/l) – milk urea level in cows (mg/l)

Ryc. 6. Wpływ poziomu mocznika w mleku na procent krów będących w ciąży po I zabiegu unasienniania (Butler i in., 1996)

Fig. 6. Effect of milk urea level on percent of pregnant cows after first insemination treatment (Butler et al., 1996)

W grupie krów, u których poziom mocznika w mleku wynosił ≤ 190 mg w 1 l mleka, procent płodności był wyższy o 21,4 w porównaniu do rówieśnic, u których mleko zawierało > 190 mg mocznika w 1 l. Także w opinii Skrzyпка i in. (2005), płodność krów jest związana istotnie z koncentracją mocznika w mleku. Najkorzystniejsze wskaźniki rozrodu autorzy ci uzyskali u krów, u których stężenie mocznika

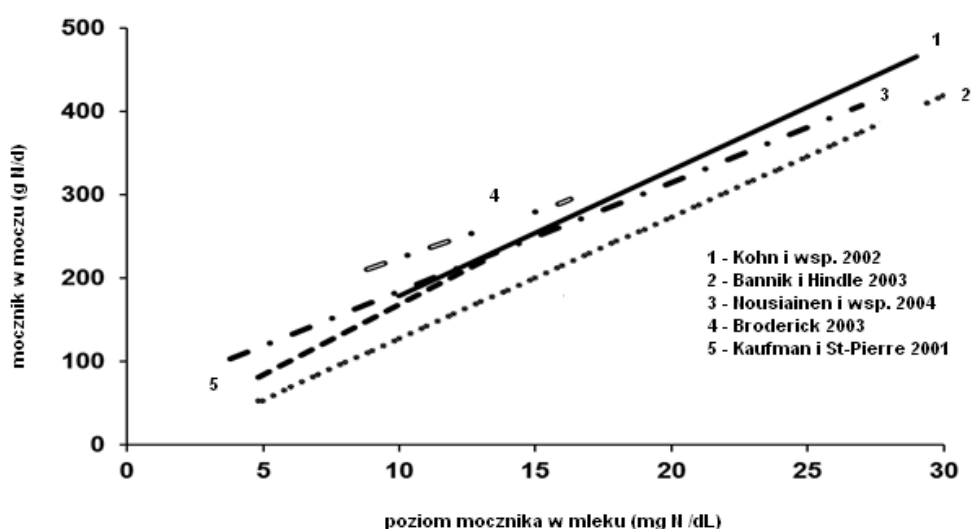
w mleku z udoju poprzedzającego pierwszy zabieg inseminacyjny było niskie (< 150 mg/l) i średnie (201–250 mg/l). Różnice w liczbie zabiegów inseminacyjnych na stwierdzonej ciąży i w długości okresu międzyciążowego pomiędzy tymi grupami krów a ich rówieśnicami, u których w mleku stwierdzono powyżej 300 mg mocznika, okazały się duże i istotne statystycznie. Rajala-Schultz i in. (2001) rozpatrywali

znaczenie poziomu mocznika w mleku dla użyteczności rozplodowej krów. Wykazali, że u krów, u których poziom mocznika w mleku kształtował się poniżej 10,0 mg/dl – 2,4 razy częściej potwierdzano ciężę w porównaniu do zwierząt mających w mleku powyżej 15,4 mg/dl. Uzyskane przez tych autorów wyniki wskazują, że zwiększenie stężenia MUN ma negatywny wpływ na cechy związane z płodnością i wiąże się z mniejszym prawdopodobieństwem skutecznego zapłodnienia. W pracach Sawy i in. (2011) i Jankowskiej i in. (2010) wyniki w sposób jednoznaczny wskazują na pogarszanie się wskaźników rozrodu u krów wraz ze zwiększaniem się stężenia mocznika w ich mleku. Obliczone w badaniach Sawy i in. (2011) współczynniki korelacji pomiędzy poziomem mocznika w mleku i długością okresu międzywycieleniowego oraz długością okresu odpoczynku i długością okresu usługi były dodatnie i wyniosły odpowiednio: $r=0,05$, $r=0,07$ i $r=0,01$. W konkluzji autorzy zwracają uwagę, że obniżanie poziomu mocznika może prowadzić w stadach bydła

mlecznego również do istotnej poprawy użyteczności rozplodowej.

Możliwości wykorzystania informacji na temat mocznika w mleku w ograniczaniu zanieczyszczenia środowiska azotem produkowanym przez bydło

Mocznik w ogromnej części jest usuwany w formie mocznika, zawartego w moczu zwierząt. W ten sposób wydalane jest do 90% ogólnej objętości mocznika znajdującego się w organizmie zwierząt (Spek, 2013). Z tego powodu, na farmach mlecznych jego stężenie w mleku (MUN) należy uznać za bardzo przydatny wskaźnik do monitorowania całkowicie wydalanego z organizmów zwierząt mocznika w moczu (UN – g N/d). Znana jest i szeroko opisana w piśmiennictwie specjalistycznym współzależność między mocznikiem mleka i moczu u bydła (Bannink i Hindle, 2003; Bannink i in., 1999; Jonker i in., 1999; Nousiainen i in., 2004) (ryc. 7, tab. 4).



mocznik w moczu (g N/d) – urea in urine (g N/d)
poziom mocznika w mleku (mg N/dL) – milk urea level (mg N/dL)

Ryc. 7. Współzależności pomiędzy poziomem mocznika w mleku (MUN; mg N/dl) krów i w ich moczu (UN g/d) dla krowy o masie ciała 650 kg, produkującej 30 kg mleka na dobę, według badań różnych autorów: Kohn i in. (2002), $UN = 15,1 \times MUN + 27,8$; Kauffman i St.-Pierre (2001), $UN = 0,0259 \times \text{masa ciała} \times MUN$; Broderick (2003), $UN = 11,2 \times MUN + 111,6$; Bannink i Hindle (2003), $UN = 14,5 \times MUN - 4,79 \times SM + 126,3$; Nousiainen i in. (2004), $UN = 13,1 \times 6,00 \times MUN + SM$

Fig. 7. Relationships between cow's milk urea nitrogen (MUN; mg N/dl) and urine nitrogen (UN g/d) for a cow weighing 650 kg and producing 30 kg milk/day, according to different authors: Kohn et al. (2002), $UN = 15.1 \times MUN + 27.8$; Kauffman and St.-Pierre (2001), $UN = 0.0259 \times \text{body weight} \times MUN$; Broderick (2003), $UN = 11.2 \times MUN + 111.6$; Bannink and Hindle (2003), $UN = 14.5 \times MUN - 4.79 \times DM + 126.3$; Nousiainen et al. (2004), $UN = 13.1 \times 6.00 \times MUN + DM$

Tabela 4. Wielkość wskaźnika relacji pomiędzy poziomem azotu w moczu (UN; g N/d), poziomem azotu mocznikowego w mleku (MUN, mg N/dl), poziomem azotu mocznikowego w osoczu krwi (PUN, mg N/dl) w badaniach różnych autorów

Table 4. Relationship between nitrogen in urine (UN, g N/d), urea nitrogen in milk (MUN, mg N/dl), and plasma urea nitrogen (PUN, mg N/dl) according to different authors

| Źródło Source | Czynniki porównywane Compared factors | Rodzaj relacji Type of relationship | Wielkość stosunku – Ratio | |
|--|---|--|--|--|
| | | | dla czynnika A for factor A | dla czynnika A for factor A |
| Kaufman i/and St.- Pierre (2001) | rasa holsztyńsko-fryzyjska i Jersey <i>Holstein-Friesian and Jersey</i> | UN : MUN | 11,8 Jersey | 17,6 dla hf for HF |
| Broderick i/and Clayton (1997) | dzień i noc <i>day and night</i> | UN : MUN | 4,6 dzień – day | 7,8 noc – night |
| Colmenero i/and Brode- rick (2006) | dieta niskobiałkowa (156 g kg/SM) i wysokobiałkowa (176 g kg/SM) <i>low-protein diet (156 g kg/DM) and high-protein diet (176 g kg/DM)</i> | UN : MUN | 14,6 dieta niskobiałkowa <i>low-protein diet</i> | 16,5 dieta wysokobiałkowa <i>high-protein diet</i> |
| Utley i in./et al. (1970) | 0,6 x woda <i>ad libitum</i> i 1,0 x woda <i>ad libitum</i> <i>0.6 x water ad libitum and 1.0 x water ad libitum</i> | UN : PUN | 3.1 dla 0,6 x woda <i>ad libitum</i> for 0.6 x water <i>ad libitum</i> | 4.4 dla 1,0 x woda <i>ad libitum</i> for 1.0 x water <i>ad libitum</i> |

Należy zaznaczyć, że związek pomiędzy koncentracją mocznika w moczu i w mleku krów nie jest stały. Stwierdzone w większości prac naukowych współczynniki korelacji dla tych cech były wysokie i wynosiły – $R^2 = 0,63-0,74$. Mimo że wszystkie badania wskazują na dodatni związek między MUN i UN, to jednak znacznie różnią się w ocenie relacji pomiędzy tymi cechami. Jonker i in. (1999) podają następujący empiryczny związek pomiędzy zawartością azotu w moczu i poziomem mocznika w mleku: $MUN : UN (g/d) = 12,54 \times MUN (mg/dl)$. Według Brodericka (2003), poziomowi 50 mg/l 1 mocznika w mleku odpowiadało 168 g/l 1 mocznika w moczu, a wzrostowi koncentracji mocznika w mleku do poziomu 150 mg/l 1 towarzyszył wzrost poziomu mocznika w moczu do 280 g/l d. Według Banninka i Hindle (2003), poziom mocznika w moczu można oszacować na podstawie następującego równania regresji: $UN = 11,2 \times MUN + 111,6$.

Redukcja azotu wydalanego przez bydło

mleczne jest pożądana ze względu na obawy o globalny wkład rolnictwa w zanieczyszczenia środowiska związkami azotu (N_2O , NO i NO_2), w szczególności w ulatnianie się amoniaku do atmosfery oraz wymywanie azotanów do wód powierzchniowych i podziemnych (Draaijers i in., 1989; Howarth i in., 1996).

Podstawowym źródłem amoniaku jest azot, zawarty w moczniku obornika i moczu zwierząt, który hydrolizuje się do amoniaku i dwutlenku węgla z wykorzystaniem aktywności ureazy drobnoustrojów obecnych w kale. Negatywne skutki wzrostu zawartości amoniaku (NH_3) w środowisku to powstawanie kwaśnych deszczy, eutrofizacja gleby i wód powierzchniowych oraz tworzenie drobnego pyłu zawieszonego. Nadmierny poziom N może prowadzić szczególnie do wielu problemów wód powierzchniowych. Azot powoduje nadmierne rozrastanie się glonów, które zużywają radykalnie tlen zawarty w wodzie. Odtleniona woda utrudnia lub uniemożliwia przetrwanie ryb i innych

organizmów wodnych. Zanieczyszczenie zasobów wody pitnej azotem może mieć także negatywny wpływ na zdrowie ludzi.

Azotany zawarte w wodzie pitnej są u ludzi przekształcane w przewodzie pokarmowym w azotyny. Związki te mogą zastąpić tlen hemoglobiny, tworząc związek zwany methemoglobiną. Podwyższony poziom stężenia methemoglobiny ogranicza dostęp do tlenu we krwi, co może skutkować wystąpieniem sinicy lub anoksemii. Dzieci są bardzo podatne na methemoglobinemię, która jest znana jako „zespół niebieskiego dziecka”. Spożycie azotynu lub azotanu

z wody pitnej może prowadzić również do powstawania nowotworów.

Szacuje się, że w Polsce roczna emisja amoniaku wynosi około 386 tys. t, w tym bydło emituje do atmosfery około 155 tys. t (Bieńkowski, 2010). Krowa emituje rocznie około 40 kg amoniaku do atmosfery (Dammgen i in., 2009). Ilość azotu wydalanego w moczu krów (kg/rok) jest ściśle związana z poziomem mocznika w ich mleku. Przy wzroście jego stężenia z poziomu 100 do 300 mg/l, ilość azotu wydalanego w moczu krowy zwiększa się z 45,8 do 137,3 kg/rok (tab. 5).

Tabela 5. Roczna wielkość wydalonego azotu w moczu krowy (UN) w zależności od poziomu mocznika (MUN) w jej mleku (oprac. własne)

Table 5. Annual amount of nitrogen excreted in cow's urine (UN) depending on urea level (MUN) in milk (author's own compilation)

| Poziom mocznika w mleku krowy (mg/dl) <i>Urea level in cow's milk (mg/dl)</i> | Ilość azotu zawartego w moczu krowy (g/d) <i>Nitrogen in cow's urine (g/d)</i> | Ilość azotu wydalanego w moczu krowy (kg/rok) <i>Nitrogen excreted in cow's urine (kg/year)</i> |
|--|---|--|
| 10 | 125,4 | 45,8 |
| 20 | 250,8 | 91,5 |
| 30 | 376,2 | 137,3 |

Szarkowski i in. (2009), analizując żywienie krów wysokomlecznych, zwracają także uwagę na fakt, że niezbilansowanie energetyczno-białkowe dawek pokarmowych prowadzi do zanieczyszczenia środowiska nadmiarem wydalanego azotu. Z powodu dodatniego stosunku pomiędzy emisją amoniaku i stężeniem mocznika w mleku, w 2002 r. w Holandii zawarto porozumienie pomiędzy holenderskim rządem i hodowcami bydła mlecznego w celu zmniejszenia stężenia mocznika mleka do 200 mg w 1 l. W zamian holenderscy rolnicy nie są zobowiązani do inwestowania w systemy utrzymania niskiej emisji amoniaku (Van Duinkerken i in., 2011 a,b).

Podsumowanie

Pojawianie się mocznika w mleku krów jest skutkiem charakteru przemian, zachodzących w przewodzie pokarmowym tych zwierząt, w wyniku których w ich organizmie pojawia się nadmiar niestrawionego przez mikroorganizmy amoniaku. Ten bardzo trujący związek chemiczny jest detoksykowany w wątrobie i zamieniany na mocznik. Zasadniczym powodem występowania nadmiernego poziomu zawartości mocznika w mleku jest nadmiar białka i niedobór energii w dawkach pokarmowych, to jest niewłaściwe zbilansowanie energetyczno-białkowe dawki. Wzrostowi udziału białka ogólnego z po-

ziomu 13% s.m. dawki do poziomu 18% towarzyszy wzrost poziomu mocznika z około 80 do ponad 150 mg w 1 litrze mleka.

Do czynników wpływających na poziom zawartości mocznika w mleku należy ponadto zaliczyć: częstotliwość podawania pasz, liczbę dojów i długość przerwy pomiędzy dojami, masę ciała, wielkość poboru wody, poziom

suplementowania Na i K dawek pokarmowych, pH żwacza. Informacje na temat koncentracji azotu mocznikowego mleka u krów mlecznych umożliwiają ocenę zbilansowania energetyczno-białkowego stosowanych dawek pokarmowych, pozwalają na obniżenie kosztów paszy i mogą przyczynić się do zmniejszenia emisji azotu (N) do środowiska.

Literatura

- Abdoun K., Stumpff F., Wolf K., Martens H. (2005). Modulation of electroneutral Na transport in sheep rumen epithelium by luminal ammonia. *Am. J. Physiol.*, 289: 508–520.
- Abdoun K., Stumpff F., Rabbani I., Martens H. (2010). Modulation of urea transport across sheep rumen epithelium in vitro by SCFA and CO₂. *Am. J. Physiol.*, 298: 190–202.
- Bannink A., Hindle V.A. (2003). Prediction of N intake and N excretion by dairy cows from milk data. Report 03 0008567, Animal Sciences Group, Lelystad, The Netherlands.
- Bannink A., Valk H., Van Vuuren A.M. (1999). Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82: 1008–1018.
- Baset M.A., Huque K.S., Sarker N.R., Hossain M.M., Islam M.N. (2010). Evaluation of milk urea nitrogen of dairy cows reared under different feed bases in the different seasons. *J. Sci. Found.*, 8: 97–110.
- 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. *J. Dairy Sci.*, 92: 3529–3540.
- Bieńkowski J. (2010). Regionalne zróżnicowanie emisji amoniaku w polskim rolnictwie w latach 2005–2007. *Fragm. Agron.*, 27: 21–31.
- Borkowska D., Januś E., Tarkowski J. (2002). Poziom mocznika w mleku krów z różnych gospodarstw w okresie żywienia letniego i zimowego. *Zesz. Nauk. Prz. Hod.*, 62: 45–52.
- Broderick G.A. (2003). Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86: 1370–1381.
- Broderick G.A., Clayton M.K. (1997). A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, 80: 2964–2971.
- Burgos M.S., Senn M., Sutter F., Kreuzer M., Langhans W. (2001). Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 280: 418–427.
- Butler W.R., Calaman J.J., Beam S.W. (1996). Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 74: 858–865.
- Campeneere S., Brabander D.L. de, Vanacker J.M. (2006). Milk urea concentration as affected by the roughage type offered to dairy cattle. *Livest. Sci.*, 103: 30–39.
- Colmenero J.J.O., Broderick G.A. (2006). Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 89: 1704–1712.
- Dämmgen U., Haenel H.D., Rösemann C., Conrad J., Lüttch M., Döhler H., Eurich-Menden B., Laubach P., Müller-Lindenlauf M., Osterburg B. (2009). Calculations of emissions from German agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007, 324: 9–385.
- Doska M.C., Delma F.F., José A.H., Altair A.V., Paulo R.J., Rodrigo A. (2012). Sources of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows. *R. Bras. Zoot.*, 41: 3–10.
- Draaijers G.P.J., Ivens W.P.M.F., Bos M.M., Bleuten W. (1989). The contribution of ammonia emissions from agriculture to the deposition of acidifying and eutrophying compounds onto forests. *Environ. Pollut.*, 60: 55–66.

- Gołębiewski M., Brzozowski P., Gołębiewski Ł. (2011). Analysis of lactation curves, milk constituents, somatic cell count and urea in milk of cows by the mathematical model of Wood. *Acta Vet. Brno*, 80: 73–80.
- González Rodríguez A., Vázquez Yáñez O.P. (2002). Milk urea content on supplemented grazing dairy cows in Galicia. FAO/CIHEAM interregional and cooperative research and development network on pastures and fodder crop production lowland grasslands subnetwork. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Guliński P., Młynek K., Salamończyk E. (2008). Zmiany zawartości mocznika w mleku w zależności od wybranych czynników środowiskowych. *Med. Wet.*, 64: 465–468.
- Howarth R.W., Billen G., Swaney D., Townsend A., Jaworski N., Lajtha K., Downing J.A., Elmgren R., Caraco N., Jordan T., Berendse F., Freney J., Kudeyarov V., Murdoch P., Zhao-Liang Z. (1996). Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochem.*, 35: 75–139.
- Jankowska M., Sawa A., Neja W. (2010). Effect of milk urea and protein levels on fertility indices in cows. *J. Central Europ. Agric.*, 4: 476–479.
- Jonker J.S., Kohn R.A., Erdman R.A. (1999). Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to National Research Council recommendations. *J. Dairy Sci.*, 82: 1261–1273.
- Kauffman A.J., St.-Pierre N. (2001). The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, 84: 2284–2294.
- Kebreab E., France J., Mills J.A., Allison R., Dijkstra J. (2002). A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. *J. Anim. Sci.*, 80: 248–259.
- Kennedy P.M., Clarke R.T., Milligan L.P. (1981). Influences of dietary sucrose and urea on transfer of endogenous urea to the rumen of sheep and numbers of epithelial bacteria. *Br. J. Nutr.*, 46: 533–541.
- Kohn R.A., Kalscheur K.F., Russek-Cohen E. (2002). Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, 85: 227–233.
- Konig S., Chang Y.M., Borstel U.U., Gianola D., Simianer H. (2008). Genetic and phenotypic relationships among milk urea nitrogen, fertility, and milk yield in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 91: 4372–4382.
- 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. *J. Dairy Sci.*, 88: 4434–4440.
- Nielsen N.I., Larsen T., Bjerring M., Ingvarsen K.L. (2005). Quarter health, milking interval, and sampling time during milking affect the concentration of milk constituents. *J. Dairy Sci.*, 88: 3186–3200.
- Norton B.W., Janes A.N., Armstrong D.G. (1982). The effects of intraruminal infusions of sodium bicarbonate, ammonium chloride and sodium butyrate on urea metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.*, 48: 265–274.
- Nousiainen J., Shingfield K.J., Huhtanen P. (2004). Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.*, 87: 386–398.
- Pytlewski J., Antkowiak I., Skrzypek R. (2011). The effect of some non-nutritional factors on urea level in milk of Polish Holstein-Friesian cows. *Nauka. Przyroda. Technika*, 5: 1–11.
- Rajala-Schultz P.J., Saville W.J.A., Frazer G.S., Witum T.E. (2001). Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84: 482–489.
- Rémond D., Chaise J.P., Delval E., Poncet C. (1993). Net transfer of urea and ammonia across the ruminal wall of sheep. *J. Anim. Sci.*, 71: 2785–2792.
- Rzewuska K., Strabel T. (2013 a). Genetic parameter of milk urea concentration and milk traits in Polish Holstein-Friesian cows. *J. Appl. Genet.*, 54: 473–482.
- Rzewuska K., Strabel T. (2013 b). Effects of some non-genetic factors on concentration of urea in milk in Polish Holstein-Friesian cows. *J. Anim. Feed Sci.*, 22: 197–203.
- Sawa A., Bogucki M., Jankowska M., Krężel-Czopek S. (2010). Wpływ wybranych czynników na udział prób mleka o określonej zawartości białka i mocznika. *Acta Sci. Pol.*, 9: 57–64.
- Sawa A., Bogucki M., Krężel-Czopek S. (2011). Effect of some factors on relationships between milk urea levels and cow fertility. *Archiv Tierz.*, 54: 468–476.

- Shabi Z., Arieli A., Bruckental I., Aharoni Y., Zamwel S., Bor A., Hagari H. (1998). Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digested in the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81: 1991–2000.
- Skrzypek R., Chraplewski H., Białoń K. (2005). Zależność między koncentracją mocznika w mleku a płodnością krów. *Med. Wet.*, 61: 536–539.
- Spek J.W. (2013). Variation of milk urea in dairy. A study on factors that affect the relationship between urea concentration in milk and urea excretion in urine, PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, pp. 1–162.
- Szarkowski K., Sablik P., Lachowski W. (2009). Żywnienie krów wysokomlecznych a poziom mocznika w mleku. *Acta Sci. Pol.*, 8: 39–46.
- Utley P.R., Bradley N.W., Boling J.A. (1970). Effect of water restriction on nitrogen metabolism in bovine fed two levels of nitrogen. *J. Nutr.*, 100: 551–556.
- Van Duinkerken G., André G., Smits M.C.J., Monteny G.J., Sebek L.B.J. (2005). Effect of rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia from dairy cow houses. *J. Dairy Sci.*, 88: 1099–1112.
- Van Duinkerken G., Blok M.C., Bannink A., Cone J.W., Dijkstra J., Van Vuuren A.M., Tamminga S. (2011 a). Update of the Dutch protein evaluation system for ruminants: the DVE/OEB2010 system. *J. Agric. Sci.*, 149: 351–367.
- Van Duinkerken G., Smits M.C.J., André G., Šebek L.B.J., Dijkstra J. (2011 b). Milk urea concentration as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing. *J. Dairy Sci.*, 94: 321–335.
- Wattiaux M.A., Karg K.L. (2004). Protein level for alfalfa and corn silage-based diets: I. Lactational response and milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, 87: 3480–3491.
- 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. *J. Dairy Sci.*, 86: 2462–2469.
- Zhai S., Liu J., Wu Y., Ye J. (2007). Predicting urinary nitrogen excretion by milk urea nitrogen in lactating Chinese Holstein cows. *Anim. Sci. J.*, 8: 395–399.

SOURCES AND CONSEQUENCES OF CHANGES IN COW'S MILK UREA LEVELS – IMPORTANCE FOR ASSESSING THE APPROPRIATENESS OF NUTRITION AND THE STATE OF THE ENVIRONMENT

Summary

The occurrence of urea in cow's milk is due to the nature of changes in the gastrointestinal tract, as a result of which excess ammonia undigested by microorganisms appears in the body. This highly toxic chemical compound is detoxified in the liver and converted to urea. The main reason for excessive levels of urea in milk is excess protein in feed rations and their energy-protein imbalance. The increase in the proportion of true protein, from 13% to 18% of ration DM is accompanied by an increase in the level of urea from about 80 mg to over 150 mg per litre of milk. Other factors affecting the level of urea in milk include feeding frequency, number of milkings and the milking interval, body weight, water intake volume, dietary supplementation with Na and K, and rumen pH. Information on the concentration of milk urea nitrogen in dairy cows makes it possible to assess the energy and protein balance of the rations, allows reducing feed costs and can help to reduce environmental emissions of nitrogen (N).