

# Zależność między koncentracją mocznika w mleku a płodnością krów

RYSZARD SKRZYPEK, HENRYK CHRAPLEWSKI, KRZYSZTOF BIAŁOŃ

Katedra Hodowli Bydła Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt AR, ul. Wołyńska 33, 60-637 Poznań

Skrzypek R., Chraplewski H., Białoń K.

## Relationship between milk urea concentration and cow fertility

### Summary

The aim of this study was to determine the relationship between urea concentration in the milk from test-day records and cow fertility. The study was carried out on 390 Black-and-White cows, residing on the same farm. During lactation cows were fed ad libitum with a total mixed ration. Milk performance testing was performed using the AT4 method (test-day every 4 weeks – alternatively morning/evening). The analysed fertility parameters were: days from calving to first AI service, number of AI services per confirmed pregnancy, and the duration of the interpregnancy period. The association of fertility traits with milk urea was evaluated for urea concentration determined in milk twice: directly prior- and after the first AI service. The most advantageous fertility parameters were observed in cows in which milk urea concentration on test-day preceding the first AI service showed intermediate values (201-250 mg/l) and in cows characterized by low concentration of this compound in milk (below 150 mg/l) on test-day following the first service.

**Keywords:** cow, test-day record, urea, fertility

Mocznik jest metabolitem, którego głównym źródłem w organizmie przeżuwaczy jest wątroba, gdzie powstaje na drodze konwersji amoniaku, produkowanego przez mikroorganizmy żwacza podczas rozkładu białka paszy. Drugim źródłem mocznika, stanowiącym przy zbilansowanym żywieniu ok. 1/3 jego całkowitej puli w organizmie, jest rozkład białka zapasowego (7, 10, 11, 18). U przeżuwaczy metabolizm białka jest ściśle związany z metabolizmem energii i dlatego zawartość mocznika w mleku może potencjalnie służyć do jednoczesnego monitorowania obydwu przemian. W mleku mocznik stanowi 2,5-3,0% azotu ogólnego oraz ok. 50% azotu niebiałkowego. Na podstawie szeregu eksperymentów (7, 18) ustalono, że biorąc pod uwagę tylko względy żywieniowe, optymalna koncentracja mocznika w mleku dla krów dużych ras mlecznych wynosi od 150 do 300 mg/l (2,5 do 5,0 mmol/l).

Obniżony poziom mocznika w mleku świadczy o niedoborze białka w paszy lub/i energii dostępnej dla mikroorganizmów żwacza, natomiast podwyższony poziom mocznika w mleku świadczy o nadmiarze białka lub niedoborze energii w paszy. Koncentracja mocznika w mleku jest także związana z rozkładalnością białka i włókna w żwaczu, jak również z zawartością związków azotowych niebiałkowych w paszy. Oprócz tego, podwyższony poziom mocznika w mleku może być przejściowo spowodowany intensywnym rozkładem białka zapasowego organizmu, wywołanym ostrym niedoborem białka w paszy lub głodówką. Powyższe zależności sprawiają, że jednoznaczna interpretacja danych odnośnie do koncentracji mocznika w mleku pod kątem oceny dawki pokarmowej jest zadaniem trudnym, wymagającym jednoczesne-

go uwzględnienia innych wskaźników, np. zawartości białka w mleku (8, 10, 11, 18).

Stwierdzono, że informacje dotyczące koncentracji mocznika w mleku poszczególnych krów mogą służyć do wczesnej identyfikacji zwierząt zagrożonych obniżeniem płodności, a dzięki temu do poprawiania efektywności rozrodu w stadzie (2, 6, 12, 15, 19, 21, 23). Ponieważ analizy takiej nie przeprowadzono dotychczas w Polsce, podjęto niniejsze badania, których celem było określenie zależności między koncentracją mocznika w mleku, pochodzącym z próbnych udojów wykonywanych w ramach standardowej kontroli użytkowości mlecznej a płodnością krów.

### Materiał i metody

Badania przeprowadzono na 390 krowach rasy czarno-białej, utrzymywanych w jednej z ferm wolnostanowiskowych na terenie Wielkopolski. W okresie objętym badaniami średnia wydajność mleka od krowy wynosiła w przybliżeniu 6700 kg, o zawartości 4,0% tłuszczu i 3,3% białka (obliczono na podstawie dokumentów obrotu mlekiem).

Krowy dojne były w okresie badań żywione mieszanką pełnoporcjową o stałym zestawie komponentów, którymi były: kiszzonka z kukurydzy i sianokiszzonka (lucerna + trawy) w proporcji 2 : 1, śruta z zakiszzonego ziarna kukurydzy, koncentrat dla krów wysoko wydajnych, śruta sojowa, śruta zbożowa, kielki jęczmienne, wysłodki buraczane suszone oraz premiks. W pierwszych sześciu miesiącach po wycieleniu krowy były podzielone na następujące grupy technologiczne: do 90, 91-120 oraz 121-180 dni laktacji. Różnice w utrzymaniu poszczególnych grup technologicznych polegały przede wszystkim na odmiennym składzie mieszanek pełnoporcjowych, w których stopniowo zmniejszano ilość śruty sojowej, zaś

zwiększono ilość sruły zbożowej. We wszystkich grupach stosowano żywienie do woli.

W okresie badań w fermie prowadzono kontrolę użyteczności mlecznej metodą AT4 (próbny udój co 4 tygodnie jeden raz dziennie – na przemian rano/wieczorem).

Wszystkie krowy były inseminowane przez tego samego inseminatora, zatrudnionego w przedsiębiorstwie, nasieniem mrożonym w słomkach typu midi (poj. 0,5 ml). Przy inseminacji kierowano się regułą „rano-wieczór”, zakładającą wykonanie zabiegu około 12 godzin po zauważeniu zewnętrznych objawów rui.

Badaniami objęto krowy, u których decyzja o wybrakowaniu nie została podjęta przed ukończeniem 200 dni laktacji. Korzystając z wyników pierwszych 6 próbnych udojów, zebrano dane dotyczące koncentracji mocznika w mleku pochodzącym z dwóch próbnych udojów, wykonywanych bezpośrednio przed i po wykonaniu pierwszego zabiegu inseminacyjnego po wycieleniu.

Następnie zebrano dane odnośnie do inseminacji i na tej podstawie wyliczono następujące wskaźniki rozrodu: długość okresu od wycielenia do pierwszej inseminacji (dni), liczbę zabiegów inseminacyjnych przypadających na stwierdzoną ciążę oraz długość okresu międzyciążowego (dni).

Dane analizowano statystycznie przy użyciu pakietu SAS (17). Najpierw oszacowano współczynniki korelacji prostej (procedura CORR), po czym przy zastosowaniu analizy regresji (procedura REG) testowano obecność zależności nieliniowych. Następnie badane zwierzęta podzielono na pięć grup, w sposób podany w tab. 2. Dalsze obliczenia wykonano za pomocą wieloczynnikowej analizy wariancji (procedura MIXED), metodą najmniejszych kwadratów. Dane dla próbnego udoju poprzedzającego pierwszy zabieg inseminacyjny analizowano według modelu 1, w którym uwzględniono efekty: grupy zwierząt wyodrębnionej w zależności od poziomu mocznika (1, ..., 5), wieku krowy (pierwiastki, wieloródki), udziału puli genowej rasy holsztyńsko-fryzyskiej (poniżej 84%, 84-99%, 100%), sezonu przy pierwszej inseminacji (styczeń-marzec, kwiecień-czerwiec, lipiec-wrzesień, październik-grudzień), pory dnia podczas próbnego udoju poprzedzającego pierwszą inseminację (rano, wieczór) oraz liczby dni między próbnym udojem poprzedzającym pierwszą inseminację a pierwszą inseminacją (regresja). W porównaniu z modelem 1, model do analizy danych z próbnego udoju następującego po pierwszym zabiegu inseminacyjnym (model 2) zawierał zamiast pory dnia podczas próbnego udoju poprzedzającego pierwszą inseminację i liczby dni między próbnym udojem poprzedzającym pierwszą inseminację a pierwszą inseminacją, efekty pory dnia podczas próbnego udoju następującego po pierwszej inseminacji (rano, wieczór) i liczby dni między próbnym udojem następującym po pierwszej inseminacji a pierwszą inseminacją (regresja). W obu modelach efekt grupy rozpatrywano jako główny,

a pozostałe efekty – jako towarzyszące. Wyniki obliczeń wykonanych za pomocą analizy wariancji przedstawiono za pomocą średnich najmniejszych kwadratów.

Wybrane zależności przedstawiono także za pomocą wykresów, na których nakreślono linie trendów, używając do tego celu funkcji wielomianowej drugiego lub trzeciego stopnia. Stopień wielomianu dopasowywano na podstawie wielkości współczynnika determinacji.

## Wyniki i omówienie

W tab. 1 przedstawiono dane opisowe dla analizowanych cech oraz współczynniki korelacji prostej między tymi cechami. Średni poziom mocznika w mleku należy uznać jako mieszczący się w granicach norm. Z żywieniowego punktu widzenia, optymalna koncentracja mocznika w mleku wynosi 150-300 mg/l (7, 18). Z kolei, konfrontując średnie dla analizowanych wskaźników rozrodu z przyjętymi normami (14) należy uznać, że wszystkie z nich były na poziomie wymagającym interwencji.

Tab. 1. Współczynniki korelacji między analizowanymi cechami

| Cecha<br>(w nawiasach numer cechy)  | $\bar{x} \pm sd$    | Numer cechy |       |        |        |
|---|---------------------|-------------|-------|--------|--------|
|   |                     | 1           | 2     | 3      | 4      |
| Koncentracja mocznika w mleku przed wykonaniem pierwszego zabiegu inseminacyjnego (1) | 210 ± 59 mg/l mleka |             |       |        |        |
| Koncentracja mocznika w mleku po wykonaniu pierwszego zabiegu inseminacyjnego (2)     | 218 ± 61 mg/l mleka | 0,24**      |       |        |        |
| Okres od wycielenia do pierwszej inseminacji (3)                                      | 85,5 ± 30,8 dni     | -0,07       | -0,04 |        |        |
| Liczba zabiegów inseminacyjnych na stwierdzoną ciążę (4)                              | 2,07 ± 1,38         | 0,02        | 0,05  | 0,39** |        |
| Długość okresu międzyciążowego (5)  | 137,9 ± 72,4 dni    | 0,02        | 0,09  | -0,05  | 0,79** |

Objaśnienia:  $\bar{x} \pm sd$  – średnia arytmetyczna ± odchylenie standardowe; \*\*  $p \leq 0,01$

Tab. 2. Zależność między poziomem mocznika w mleku a wskaźnikami reprodukcyjnymi

| Próbny udój w relacji do pierwszego zabiegu inseminacyjnego | Grupa krow  |              |             | Okres od wycielenia do pierwszej inseminacji (dni) | Liczba zabiegów inseminacyjnych na stwierdzoną ciążę | Okres międzyciążowy (dni) |
|---|-------------|--------------|-------------|--|--|---------------------------|
|   | numer grupy | mocznik mg/l | liczba krow |  |  |                           |
| przed   | 1           | do 150       | 59          | 87,1   | 2,25   | 142,4                     |
|   | 2           | 151-200      | 119         | 86,6   | 2,05   | 140,0                     |
|   | 3           | 201-250      | 124         | 83,7   | 1,85 <sup>a</sup>                                    | 128,7 <sup>a</sup>        |
|   | 4           | 251-300      | 58          | 84,5   | 2,19   | 137,2                     |
|   | 5           | pow. 300     | 30          | 87,2   | 2,52 <sup>b</sup>                                    | 160,6 <sup>b</sup>        |
| po  | 1           | do 150       | 53          | 86,3   | 1,76 <sup>a</sup>                                    | 130,2                     |
|   | 2           | 151-200      | 114         | 84,6   | 1,84   | 129,8                     |
|   | 3           | 201-250      | 122         | 86,9   | 2,27 <sup>b</sup>                                    | 143,1                     |
|   | 4           | 251-300      | 69          | 85,4   | 2,20   | 143,2                     |
|   | 5           | pow. 300     | 32          | 82,0   | 2,34 <sup>b</sup>                                    | 148,5                     |

Objaśnienia: a, b – średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy  $p \leq 0,05$

Zawartość mocznika w mleku pochodzącym z próbnego udoju poprzedzającego wykonanie pierwszego zabiegu inseminacyjnego była skorelowana istotnie ( $p \leq 0,01$ ) z zawartością tego składnika w mleku z próbnego udoju następującego po tym zabiegu. Wydaje się, że zauważony związek można przypisać względnie wysokiemu uwarunkowaniu genetycznemu poziomu mocznika w mleku, przy współczynniku odziedziczalności oszacowanym na poziomie zbliżonym do 0,6 (22).

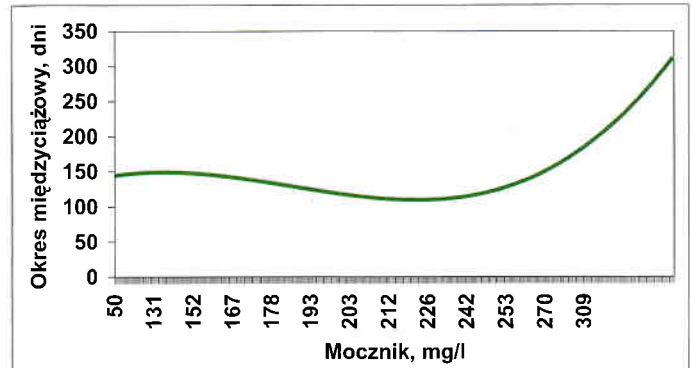
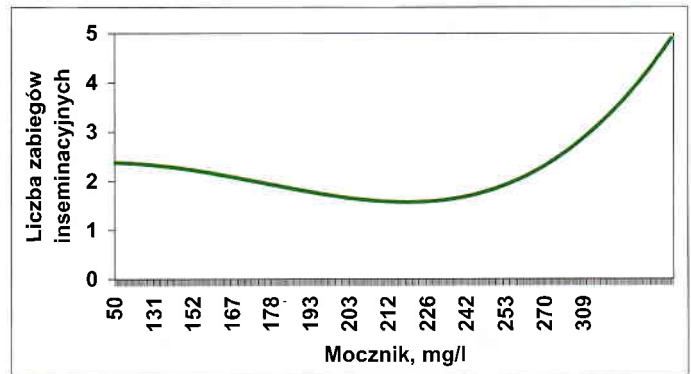
Korelacje między stężeniem mocznika w mleku i wskaźnikami rozrodu były nieistotne i bardzo niskie, a ich wartość absolutna nie przekraczała 0,09. Za pomocą analizy regresji stwierdzono jednak obecność istotnych zależności krzywoliniowych.

W tab. 2 przedstawiono zależności między poziomem mocznika a cechami reprodukcyjnymi, oszacowany przez porównanie grup zwierząt. Poziom mocznika w mleku, określany w próbnym udoju poprzedzającym pierwszy zabieg inseminacyjny, miał istotny ( $p \leq 0,05$ ) związek z liczbą zabiegów przypadających na stwierdzoną ciążę i długością okresu międzyciążowego. W obydwu przypadkach powyższy związek miał charakter nieliniowy, przy najkorzystniejszych wartościach ww. wskaźników w grupie 3 (201-250 mg mocznika/l mleka) i najmniej korzystnych wartościach w grupie 5 (pow. 300 mg/l). Powyższe zależności zilustrowano na ryc. 1 i 2, z których wynika, że najkorzystniejszymi wskaźnikami charakteryzowały się krowy, u których koncentracja mocznika w mleku wynosiła ok. 220 mg/l.

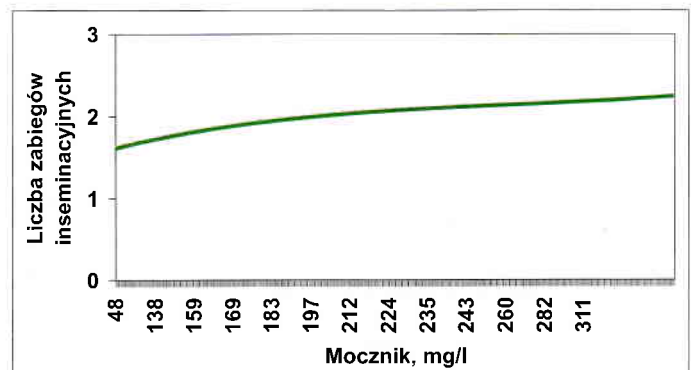
Poziom mocznika w mleku w próbnym udoju wykonywanym po pierwszym zabiegu inseminacyjnym miał istotny ( $p \leq 0,05$ ) związek jedynie z liczbą zabiegów inseminacyjnych. W odróżnieniu od próbnego udoju przeprowadzanego przed wykonaniem pierwszego zabiegu inseminacyjnego, była to zależność zbliżona do liniowej, przy najkorzystniejszej wartości omawianego wskaźnika w grupie o najniższym poziomie mocznika (do 150 mg/l mleka). Podobną zależność stwierdzono dla długości okresu międzyciążowego, nie potwierdzono jej jednak statystycznie.

Nie stwierdzono istotnego związku między zawartością mocznika w mleku, badaną zarówno przed, jak i po wykonaniu pierwszego zabiegu inseminacyjnego a liczbą dni od wycielenia do pierwszej inseminacji.

W dotychczasowych badaniach nad związkiem między poziomem mocznika w mleku a płodnością krów uzyskiwano sprzeczne wyniki. Jest jednak charakterystyczne, że gdy w badaniach składu mleka brano pod uwagę okres przed inseminacją (2, 6, 12, 15, 19, 21, 23), to – podobnie jak w niniejszych badaniach – najgorsze wyniki rozrodu uzyskiwano u krów o wysokim poziomie mocznika. W większości z wymienionych prac (2, 19, 21, 23) zauważono, że również przy bardzo niskim poziomie mocznika płodność krów była obniżona w porównaniu z krowami o pośrednim poziomie tego metabolitu. W badaniach, w których zauważono zależność nieliniową, jako optymalny zakres podaje się od 120-180 (23) do 150-250 mg mocznika/l mleka (21). Można więc stwierdzić, że wyniki niniejszych badań korespondują ściśle z danymi uzyskanymi przez Wenningera i Distla (21). Z kolei w badaniach nad związkiem między kon-



Ryc. 1. Zależność między koncentracją mocznika w mleku w udoju poprzedzającym pierwszy zabieg inseminacyjny a liczbą zabiegów inseminacyjnych i długością okresu międzyciążowego



Ryc. 2. Zależność między koncentracją mocznika w mleku w udoju następującym po pierwszym zabiegu inseminacyjnym a liczbą zabiegów inseminacyjnych

centracją mocznika w mleku po wykonaniu pierwszego zabiegu inseminacyjnego (4) nie stwierdzono istotnego związku w odróżnieniu od wyników niniejszych badań.

Negatywny wpływ zbyt niskiego poziomu mocznika w mleku na płodność krów należy tłumaczyć zbyt niskim pobraniem białka z paszy, spowodowanym ujemnym bilansem energii i białka w początkowym okresie laktacji. Sytuacja taka jest u wysoko wydajnych krów coraz częstsza i trwa przez pierwszych 10-12 tygodni laktacji, a głównym czynnikiem, który ją powoduje, są ujemne korelacje genetyczne między wydajnością mleka a pobieraniem paszy, występujące tylko w tym stadium laktacji (20). Ujemny bilans energii i białka w początkowym okresie laktacji prowadzi, między innymi, do zaburzeń hormonalnych, polegających na osłabionym wydzie-

laniu LH oraz zmniejszonej produkcji estrogenów. Oprócz tego, obserwuje się pogorszenie jakości oocytów oraz zaburzenia w rozwoju zarodka (3).

Problem niedożywienia krów energią i białkiem w początkowym okresie laktacji można częściowo zniwelować, żywiąc krowy dietą bogatą w białko. Jednak w wyniku nadmiaru tego składnika pokarmowego w stosunku do energii, którą może pobrać krowa, po jego rozkładzie w zwazu dochodzi do uwalniania dużych ilości amoniaku. Przy jednoczesnym niedoborze energii dostępnej dla mikroorganizmów zwazu prowadzi to do podwyższonego poziomu mocznika w organizmie, który oddziałuje wyjątkowo niekorzystnie na płodność krów. Stwierdzono, że nadmiar mocznika (jak również amoniaku) w organizmie ma szkodliwy wpływ bezpośredni i pośredni na funkcje rozrodcze podczas: rozwoju pęcherzyków jajnikowych (ilość, wielkość), owulacji, zapładniania komórki jajowej oraz rozwoju i implantacji zarodka (2, 11). W badaniach *in vitro* stwierdzono także, że mocznik obniża przeżywalność plemników (11). Szkodliwy wpływ pośredni nadmiaru mocznika na płodność krów jest bardzo istotny i polega na obniżaniu pH macicy, a zachodzące zmiany są szybko zharmonizowane w czasie (1, 11, 16). W wyniku obniżonego pH obserwuje się zwiększoną sekrecję prostaglandyny  $E_2$  i  $F_{2\alpha}$  przez komórki *endometrium*. Sugeruje się, że wzrost poziomu prostaglandyny  $F_{2\alpha}$  jest głównym ogniwem łączącym zbyt wysoki poziom mocznika z obniżeniem płodności, gdyż osłabia to około- i poporodową sekrecję sterydów jajnikowych (estrogeny, progesteron). Jednocześnie ulegają zaburzeniu efekty działania tych hormonów na macicę (1, 2, 11). Ustalono, że ryzyko opisanych zmian wzrasta istotnie, gdy poziom mocznika w osoczu przekracza 190-200 mg/l (1, 11).

Biorąc pod uwagę zależności między stężeniem mocznika w mleku w udoju następującym po wykonaniu pierwszego zabiegu inseminacyjnego a wskaźnikami rozrodu można stwierdzić, że były one mniejsze niż przed wykonaniem tego zabiegu, a negatywny związek z płodnością krów występował prawdopodobnie tylko wtedy, gdy krowy pobierały w tym czasie zbyt dużo białka lub/ i zbyt mało energii. Należy zauważyć, że u krów o najniższej liczbie zabiegów inseminacyjnych (grupa 1) stwierdzono wyjątkowo duży spadek zawartości mocznika w mleku w porównaniu z udojem poprzedzającym pierwszą inseminację. Ponieważ we wszystkich grupach, na które podzielono zwierzęta, okres od wycielenia do pierwszej inseminacji był bardzo zbliżony, należy wykluczyć, że zaobserwowany spadek był spowodowany przeniesieniem krów do innej grupy żywieniowej. Ponieważ w grupie 1 było relatywnie najwięcej krów zapłodnionych, w świetle piśmiennictwa zauważoną zależność należy tłumaczyć zwiększonym pobieraniem paszy po zajściu krów w ciążę. Mianowicie uważa się, że u samicy przeżywającej początek ciąży wiąże się ze wzrostem apetytu, przy czym kluczowym mediatorem tego związku jest leptyna (9). Z kolei u bydła udowodniono, że wzrost spożycia paszy o prawidłowo zbilansowanym stosunku energetyczno-białkowym wiąże się z jednoczesnym spadkiem poziomu mocznika we krwi, zarówno u krów dojnych (13), jak i u jałówek (5).

Podsumowując, przeprowadzone badania świadczą, że płodność krów jest związana istotnie z koncentracją mocznika w mleku. Najkorzystniejszymi wskaźnikami rozrodu charakteryzowały się krowy, u których stężenie mocznika w mleku z udoju poprzedzającego pierwszy zabieg inseminacyjny wykazywało wartości pośrednie (201-250 mg/l) oraz krowy charakteryzujące się niską koncentracją tego związku w mleku (do 150 mg/l) z udoju po wykonaniu tego zabiegu.

## Piśmiennictwo

1. Butler W. R.: Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1998, 81, 2533-2539.
2. Butler W. R.: Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 2000, 60-61, 449-457.
3. Butler W. R.: Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 2003, 83, 211-218.
4. Cottrill B., Biggadike H. J., Collins C., Laven R. A.: Relationship between milk urea concentration and the fertility of dairy cows. *Vet. Rec.* 2002, 151, 413-416.
5. Grochowska R.: Analiza zależności między żernością i wybranymi wskaźnikami biochemicznymi we krwi a niektórymi cechami produkcyjnymi bydła mlecznego. Praca dokt. IGIHZ PAN Jastrzębiec 2002, s. 77.
6. Guo K., Russek-Cohen E., Varner M. A., Kohn R. A.: Effects of milk urea nitrogen and other factors on probability of conception of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 1878-1885.
7. Hamann J., Krömker V.: Potential of specific milk composition variables for cow health management. *Livest. Prod. Sci.* 1997, 48, 201-208.
8. Hojman D., Kroll O., Adin G., Gips M., Hanochi B., Ezra E.: Relationships between milk urea and production, nutrition, and fertility traits in Israeli dairy herds. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 1001-1011.
9. Ingvarsen K. L., Boisclair Y. R.: Leptin and the regulation of food intake, energy homeostasis and immunity with special focus on periparturient ruminants. *Domest. Anim. Endocrinol.* 2001, 21, 215-250.
10. Lach Z.: Narzędzia do oceny prawidłowego zarządzania stadem krów mlecznych. *Przeł. Hod.* 2003, 6, 8-11.
11. Markiewicz H.: Wpływ nadmiaru białka w dawce pokarmowej na płodność krów mlecznych. *Medycyna Wet.* 2003, 59, 682-685.
12. Melendez P., Donovan A., Hernandez J.: Milk urea nitrogen and infertility in Florida Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 2000, 83, 459-463.
13. Oldenbroek J. K., Galesloot P. A. J., Pool M. H., van der Werf J. H. J.: Effects of selection for milk yield on feed intake and metabolism of heifers in early lactation. *Proc. 48<sup>th</sup> Annual Meeting Meeting European Association for Animal Production, Vienna 1997*, s. 42.
14. Radostis O. M., Blood D. C.: Dairy cattle – maintenance and reproductive efficiency. [w:] Radostis O. M. & Blood D. C. (red.), *Herd Health*, Philadelphia 1985, 66-89.
15. Rajala-Schultz P. J., Saville W. J. A., Frazer G. S., Wittum T. E.: Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2001, 84, 482-489.
16. Rhoads M. L., Gilbert R. O., Lucy M. C., Butler W. R.: Effects of urea infusion on the uterine luminal environment of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2004, 87, 2896-2901.
17. SAS® User's Guide: Statistics. Version 5 Edition. SAS Inst., Cary, NC. 1996.
18. Skrzypek R.: Milk urea nitrogen (MUN) as an indicator of the status of protein and energy feeding of the dairy cow. *World Jersey Bull.* 1998, 7, 14.
19. Vallimont J. E., Rogers G. W., Holden L. A., O'Connor M. L., Cooper J. B., Dechow C. D., Clay J. S.: Milk urea nitrogen and conception rate: a population study using test-day records. *J. Anim. Sci.* 2003, 81, Suppl. 1/J. Dairy Sci. 2003, 86, Suppl. 1, 2003, 239.
20. Veerkamp R. F., Beerda B., van der Lende T.: Effects of genetic selection for milk yield on energy balance, levels of hormones, and metabolites in lactating cattle, and possible links to reduced fertility. *Livest. Prod. Sci.* 2003, 83, 257-275.
21. Wenninger A., Distl O.: Harnstoff- und Azetongehalt in der Milch als Indikatoren für ernährungsbedingte Fruchtbarkeitsstörungen der Milchkuh. *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* 1994, 101, 152-157.
22. Wood G., Boettcher P., Kelton D., Jamrozik J., Jansen G. B.: Identification of genetic and environmental influences on milk urea nitrogen. *Proc. 7<sup>th</sup> World Congress Genetics Applied to Livestock Production, Montpellier 2002*, s. 4 (materiały multimedialne).
23. Yoon J. T., Lee J. H., Kim C. K., Chung Y. C., Kim C. H.: Effects of milk production, season, parity and lactation period on variations in milk urea nitrogen concentration and milk components of Holstein dairy cows. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2004, 17, 479-484.