

Säure-Basen-Indikatoren im Harn zur Früherkennung von Milchfieber bei der Milchkuh

Michel Rérat und Hans Dieter Hess

Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux

Auskünfte: Hans Dieter Hess, E-Mail: dieter.hess@alp.admin.ch, Tel. +41 26 407 72 45



Neben Ketose und Mastitis ist Milchfieber die häufigste und wirtschaftlich bedeutendste Krankheit bei Hochleistungskühen.

Einleitung

In der Schweiz bestehen Rationen für Galkühe hauptsächlich aus Raufutter, welches einen hohen K-Gehalt aufweist (ALP 2011). Dies stellt einen prädisponierenden Faktor für Milchfieber dar. Eine kationenreiche Ration begünstigt eine alkalotische Stoffwechsellage, wodurch

die Mobilisierung von Kalzium (Ca) aus den Knochen gehemmt werden kann (Goff und Horst 1997). Die Bestimmung des Säure-Basen-Haushaltes (SBH) vor dem Abkalben könnte Informationen zur Früherkennung des Gefährdungsgrades der Kuh für Milchfieber liefern. Ziel der vorliegenden Untersuchung war festzustellen, wie sich der SBH vor der Abkalbung verhält und in welchem Masse dieser in Beziehung zum Ca-Gehalt im Blut kurz nach der Abkalbung steht.

Tiere, Material und Methoden

Über einen Zeitraum von zwei Jahren (2007–2008) wurden 100 Milchkuhe untersucht. Die Kühe gehörten den Rassen Red Holstein (n=49), Holstein (n=47) und Braunvieh (n=4) an. Die Durchschnittslaktationszahl betrug $3,3 \pm 0,3$ (16 erstlaktierende Tiere) und die mittlere 305-Tage-Milchproduktion 8513 ± 201 kg.

Die tägliche Futtermittellration der Galkühe bestand aus ca. 20 kg Frischsubstanz einer Mischung aus Gras- und Maissilage (60:40). Zusätzlich erhielt jede Kuh 500 g einer Getreidemischung und 300 g einer Mineralstoffmischung pro Tag. Heu stand jederzeit zur Verfügung (*ad libitum*). Die verschiedenen Futtermittel wurden beprobt und die Gehalte an Ca, P, Mg, Na, K, S und Cl bestimmt. Die Kationen-Anionen-Differenz (DCAD) in der Ration wurde mit der Formel von Block (1984) $DCAD = (Na^+ + K^+) - (Cl^- + S^{2-})$ berechnet.

Eine Blutentnahme für die Analyse des Gesamt-Ca wurde in den ersten zwölf Stunden nach der Abkalbung mittels Punktion der Halsvene durchgeführt. In 17 Fällen wurden Blutproben nach einer prophylaktischen oralen Verabreichung von Ca (ungefähr 61 g; Calci-for®, Multiforsa AG, Steinhausen, Schweiz) genommen. Die Konzentration des Gesamt-Ca wurde im Serum bestimmt.

Die Harnproben wurden vom Mittelstrahl oder mittels Katheter aufgefangen (Abb. 1). Die Harnentnahme erfolgte 14, 7, und 3 Tage *ante partum* (*ap*), d.h. vor dem errechneten Abkalbungstermin (285. Trächtigkeitstag). Für die Auswertung wurde ausgehend vom tatsächlichen Abkalbungstermin zurückgerechnet und der Entnahmezeitpunkt nachträglich dem entsprechenden Versuchszeitpunkt zugeordnet (14 d *ap*: n=52;



Abb. 1 | Harnentnahme mittels Katheter.

7 d ap: n=84; 3 d ap: n=66). In den Harnproben wurden die Säure-Basen-Parameter (Netto-Säure-Basen-Ausscheidung, NSBA und Basen-Säure-Quotient, BSQ) mit der Methode nach Bender und Staufenbiel (2003) als fraktionierte NSBA bestimmt. Die NSBA errechnet sich nach der Formel $NSBA \text{ (mmol/L)} = \text{Gehalt an ausgeschiedenen Basen} - (\text{Gehalte an ausgeschiedenen Säuren} + \text{Ammoniak})$ und der BSQ stellt das Basen-Säure-Verhältnis dar (Bender und Staufenbiel 2003). Die Mineralstoffe Ca, P, Mg, Na und K wurden im Harn analysiert. Zur statistischen Beurteilung der Daten wurden eine wiederholte Varianzanalyse (ANOVA), *Fischer's LSD test* und *Pearson product moment correlation* angewandt.

Resultate und Diskussion

Die Nährstoffzusammensetzung der einzelnen Rationskomponenten ist in Tab. 1 aufgeführt. Die mittleren Konzentrationen von Na, K, Cl, und S in der Ration lagen bei 1,7, 27,8, 6,6, und 2,0 g/kg TS. Der berechnete DCAD-Wert betrug +474 mEq/kg TS. >

Zusammenfassung ■ Ziel dieses Versuchs war es festzustellen, ob ein Zusammenhang zwischen den Säure-Basen-Parameter vor der Abkalbung und dem Ca-Gehalt kurz nach der Abkalbung besteht. Das Versuchsverfahren war für alle 100 Milchkühe identisch. Die Futterration der Galkühe basierte auf Gras- und Maissilage und auf Heu zur freien Verfügung. Die Harnentnahme zur Bestimmung des pH-Wertes erfolgte 14, 7 und 3 Tage vor der geplanten Abkalbung (285. Trächtigkeitstag). Gleichzeitig wurde auch die Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) und der Basen-Säure-Quotient (BSQ) im Harn bestimmt. Die Blutentnahme zur Bestimmung des Ca-Gehalts erfolgte zwölf Stunden nach der Abkalbung. Die mittleren pH-, NSBA- und BSQ-Werte im Harn vor der Abkalbung betragen $8,63 \pm 0,02$, 232 ± 4 mmol/L und $4,75 \pm 0,09$ mmol/L. Die Harn-pH und NSBA-Werte wiesen auf eine ausgeprägte alkalotische Stoffwechsellage der Tiere hin, welche primär durch die stark positive Kationen-Anionen-Differenz (+ 474 mEq/kg MS) in der Ration verursacht wurde. Die mittlere Ca-Konzentration im Blut ($1,92 \pm 0,04$ mmol/L) kurz nach der Geburt zeigte keinen signifikanten Zusammenhang mit den mittleren pH- ($r = 0,08$, $P = 0,416$), NSBA- ($r = 0,04$, $P = 0,719$) und BSQ-Werten ($r = -0,12$, $P = 0,234$). Bei einer stark alkalotischen Belastung scheinen die untersuchten Säure-Basen-Parameter im Harn nicht geeignet zu sein, um eine frühdiagnostische Aussage zum Milchfieberisiko machen zu können. Die pH-Messung im Harn und die Berechnung der Säure-Basen-Parameter liefern vergleichbare Informationen über den Säure-Basen-Haushalt der Tiere.

Tab. 1 | Chemische Zusammensetzung der Futtermittel

	Heu	Gras/Maissilage	Kraftfutter	Mineralstoffmischung
Nähr- und Inhaltsstoffe, g/kg TS				
TS ¹	887	336	867	925
RP	153	143	120	48
NDF	473	439	133	146
ADF	279	262	45	75
Ca	5,7	4,8	9,2	102
P	4,1	3,4	4,5	56
Mg	2,0	1,7	1,4	25
Na	0,4	0,2	2,5	69
K	32	26	6	5
Cl	5,9	3,7	3,6	102
S	2,1	1,9	1,5	1,9

¹g/kg Frischsubstanz

Tab. 2 | pH, Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) und Basen-Säure-Quotient (BSQ) im Harn von gesunden und später festliegenden Kühen (Mittelwert ± Standardfehler)

Parameter	Tag ap ¹	gesund		später festlegend		P-Wert
			n		n	
pH	14	8,6 ± 0,04	47	8,7 ± 0,11	5	0,664
	7	8,6 ± 0,03	78	8,6 ± 0,12	6	0,977
	3	8,6 ± 0,04	63	8,7 ± 0,19	3	0,652
NSBA, mmol/L	14	246 ± 8,3	47	267 ± 25,6	5	0,450
	7	231 ± 6,0	78	202 ± 21,8	6	0,206
	3	225 ± 7,3	63	214 ± 33,6	3	0,745
BSQ, mmol/L	14	5,3 ± 0,2	47	5,7 ± 0,7	5	0,546
	7	4,5 ± 0,1	78	5,4 ± 0,5	6	0,073
	3	4,6 ± 0,1	63	3,9 ± 0,7	3	0,359

¹ap = antepartum

Die mittlere Ca-Konzentration im Serum der Kühe, die eine Ca-Prophylaxe erhalten hatten ($1,87 \pm 0,11$ mmol/L), war vergleichbar ($P = 0,542$) mit den übrigen Kühen ($1,93 \pm 0,04$ mmol/L). Deshalb wurden alle Daten der Blutproben zusammengefasst. Unter den 100 Tieren befanden sich acht Kühe, die später festlagen. Mit den Daten aller kranken Kühe wurde eine Gruppe gebildet. Die mittlere Ca-Konzentration im Serum der später festliegenden Kühe ($0,96 \pm 0,07$ mmol/L) war tiefer ($P < 0,001$) als die der gesunden Kühe ($2,01 \pm 0,03$ mmol/L). Die Mittelwerte für pH, NSBA und BSQ von gesunden und später festliegenden Kühen waren 14, 7 und 3 Tage

ap identisch (Tab. 2). Bei der Milchkuh liegen die Referenzbereiche im Harn für den pH zwischen 7,8 und 8,4, die NSBA zwischen 107 und 193 mmol/L und den BSQ zwischen 2,5 und 4,8 mmol/L (Bender und Staufenberg 2003). Sowohl die pH- als auch die NSBA-Werte beider Gruppen lagen über den Referenzbereichen. Dies deutet darauf hin, dass sich die Kühe in einer alkalotischen Stoffwechsellage befanden. Der positive DCAD-Wert spiegelt deutlich das Überwiegen der Kationen in der Ration wieder, wobei das K den grössten Anteil daran hatte. Dieser Überschuss an starken Kationen in der Ration hatte eine alkalotische Wirkung auf den Organis-

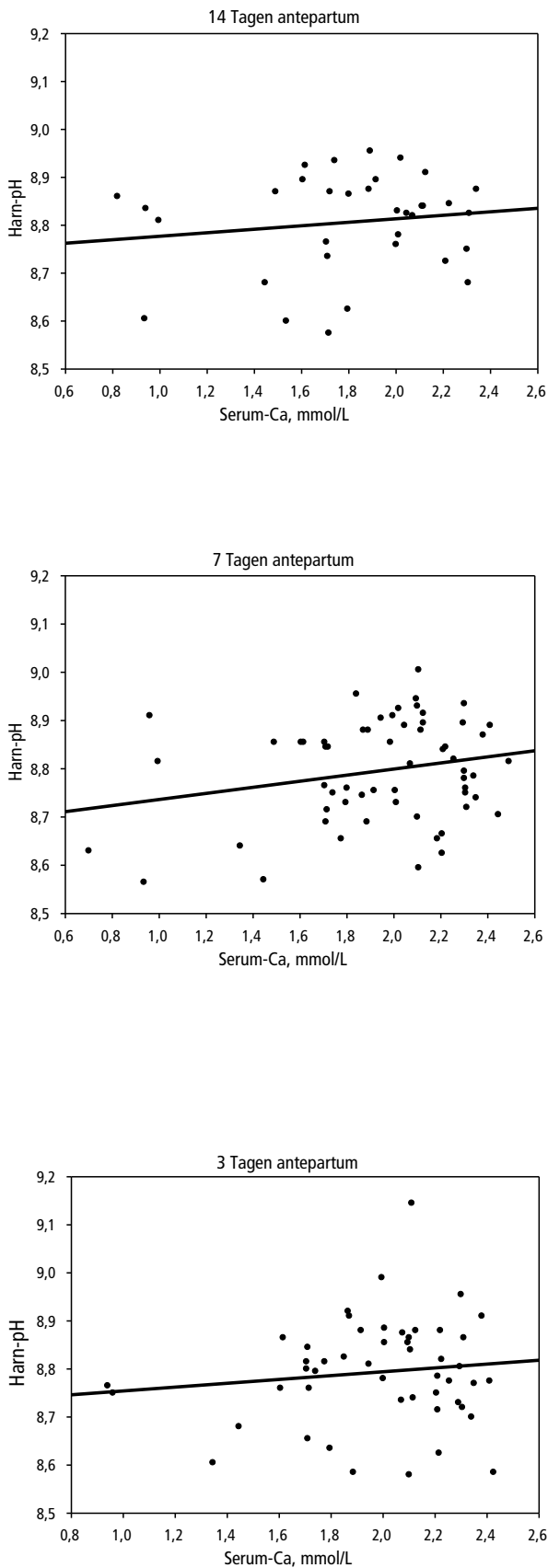


Abb. 2 | Regressionsgeraden zwischen den pH-Werten 14, 7 und 3 Tage vor der Abkalbung und der Ca-Konzentration im Serum 12 h postpartum.

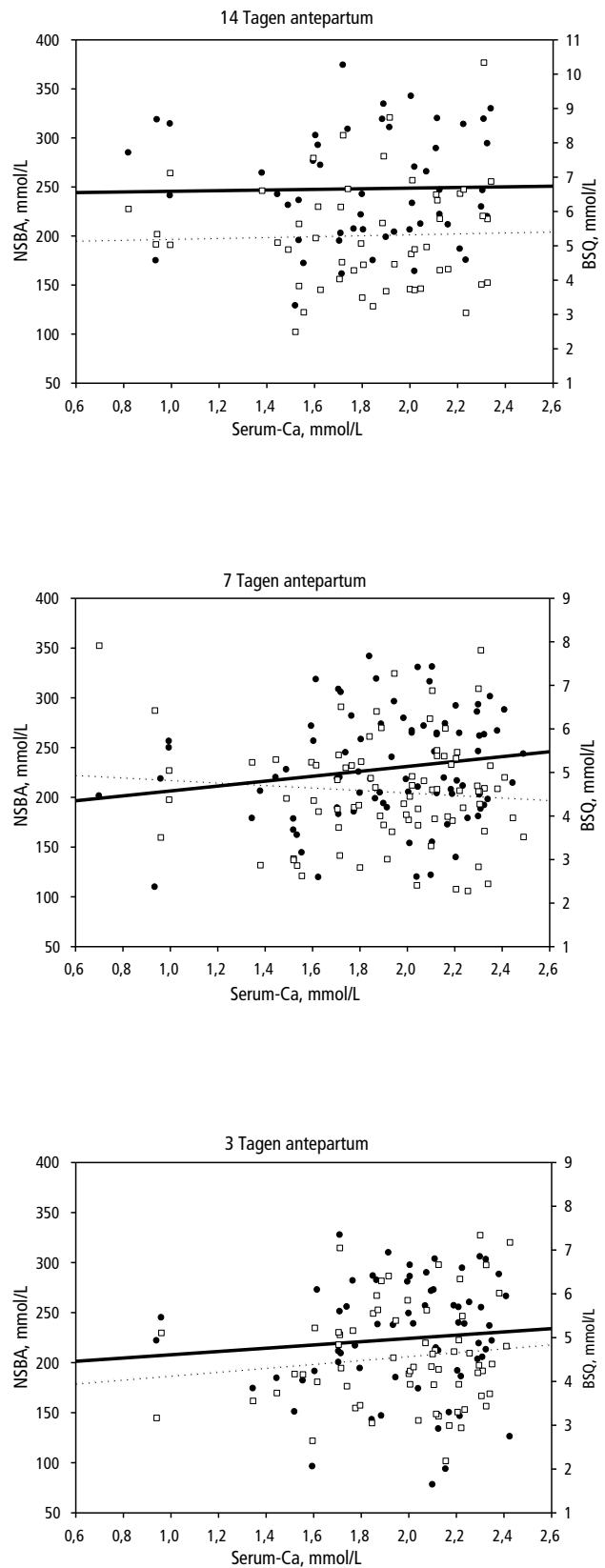


Abb. 3 | Regressionsgeraden zwischen den Netto-Säure-Basen-Ausscheidung (NSBA) und Basen-Säure-Quotient (BSQ)-Werten 14, 7 und 3 Tage antepartum und den Ca-Konzentration im Serum 12 h postpartum. • NSBA-Werte, □ BSQ-Werte, — NSBA Regressionsgerade, --- BSQ Regressionsgerade.

Tab. 3 | Gehalte an Ca, P, Mg, Na und K im Harn von gesunden und später festliegenden Kühen (Mittelwert \pm Standardfehler)

Parameter	Tag ap ¹	gesund		später festliegend		P-Wert
			n		n	
Ca, mmol/L	14	0,91 \pm 0,12	47	1,26 \pm 0,38	5	0,373
	7	0,91 \pm 0,09	78	1,57 \pm 0,34	6	0,070
	3	0,64 \pm 0,07	63	0,53 \pm 0,31	3	0,742
P, mmol/L	14	0,65 \pm 0,12	47	0,31 \pm 0,37	5	0,377
	7	0,78 \pm 0,26	78	0,29 \pm 0,93	6	0,611
	3	0,50 \pm 0,10	63	0,34 \pm 0,47	3	0,740
Mg, mmol/L	14	5,79 \pm 0,48	47	5,59 \pm 1,48	5	0,898
	7	6,62 \pm 0,49	78	3,61 \pm 1,77	6	0,105
	3	5,34 \pm 0,40	63	3,56 \pm 1,84	3	0,347
Na, mmol/L	14	21,9 \pm 3,47	47	50,1 \pm 10,6	5	0,014
	7	25,8 \pm 3,12	78	32,0 \pm 11,3	6	0,598
	3	24,8 \pm 3,47	63	21,9 \pm 15,9	3	0,858
K, mmol/L	14	337 \pm 6,3	47	313 \pm 19,2	5	0,244
	7	322 \pm 6,1	78	276 \pm 22,1	6	0,047
	3	297 \pm 7,9	63	310 \pm 36,2	3	0,726

¹ap = antepartum

mus. Zwischen den pH- (Abb. 2), NSBA- und BSQ-Werten (Abb.3) *antepartum* im Harn und der Ca-Konzentration im Serum kurz nach der Geburt wurde kein signifikanter Zusammenhang gefunden.

Die Ca-Ausscheidung über den Harn von später festliegenden Kühen war am Tag 7 vor der Abkalbung tendenziell höher (Tab. 3). Dies stand aber nicht im Zusammenhang mit der prophylaktischen Verabreichung von Ca bei 17 Kühen, da diese in den letzten zwei Tagen vor der Geburt erfolgte. Normalerweise ist eine erhöhte präpartale Ca-Ausscheidung über den Harn ein Zeichen einer erhöhten Verfügbarkeit von Ca für metabolische Funktionen (Tucker *et al.* 1992), was im Widerspruch zu den Resultaten dieses Versuchs steht. Für die später festliegenden Kühe war auch die Na-Ausscheidung über den Harn am Tag 14 *ap* erhöht und die K-Ausscheidung am Tag 7 *ap* vermindert. Der Vergleich der Mineralstoffausscheidung von gesunden und von später festliegenden Kühen ist allerdings mit Vorsicht zu interpretieren, da die Anzahl der später festliegenden Kühe für eine statistische Auswertung relativ klein war. Gemäss Casalone *et al.* (2008) betragen die Mineralstoffkonzentrationen im Harn von gesunden Milchkühen am Tag 7 *ap* 0,78, 0,93,

7,71, 24,5 und 199 mmol/L für Ca, P, Mg, Na und K. Mit Ausnahme der K-Konzentration, welche im vorliegenden Versuch deutlich höher lag, stimmen diese Werte recht gut mit unseren Ergebnissen überein.

Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen ist zu entnehmen, dass die pH-Messung im Harn und die Berechnung der NSBA vergleichbare Informationen über den SBH liefern. Bei einer stark alkalotischen Belastung, so wie dies im vorliegenden Versuch der Fall war, scheinen die untersuchten Säure-Basen-Parameter im Harn nicht geeignet zu sein, um eine frühdiagnostische Aussage zum Milchfieberrisiko machen zu können. ■

Riassunto

Coefficienti acido-basici nell'urina per la diagnosi precoce della febbre del latte nella vacca lattifera

L'obiettivo di questo studio era di determinare l'esistenza di un'eventuale correlazione tra i parametri acido-basici nelle urine delle vacche lattifere prima del parto e il tenore in calcio nel sangue poco dopo lo stesso. Le condizioni sperimentali erano simili per le 100 vacche lattifere allo studio. La razione per le vacche in asciutta era a base di insilato di erba e mais, integrata con fieno a libera disposizione. Il prelievo delle urine per stabilire il valore di pH è stato effettuato 14, 7 e 3 giorni prima della data prevista del parto (285 giorni di gestazione). Nelle urine sono stati pure determinati l'equilibrio acido-base (EAB) e l'escrezione acida netta (NAE). Per determinare il tenore in calcio si è effettuato un prelievo di sangue 12 ore dopo il parto. I valori medi di pH riscontrati come pure quelli relativi all'escrezione acida netta (NAE) e all'equilibrio acido-base (EAB) presenti nelle urine prima del parto erano rispettivamente $8,63 \pm 0,02$, 232 ± 4 mmol/L e $4,75 \pm 0,09$ mmol/L. I valori di pH e dell'escrezione acida netta (NAE) indicano uno stato di alcalosi metabolica quale risultato di un valore fortemente positivo del bilancio alimentare cationi-anioni (+ 474 mEq/kg SS). La concentrazione media di calcio nel sangue ($1,92 \pm 0,04$ mmol/L) poco dopo il parto non ha rivelato alcuna correlazione significativa con i valori medi pH ($r = 0,08$, $P = 0,416$), escrezione acida netta (NAE) ($r = 0,04$, $P = 0,719$) ed equilibrio acido-base (EAB) ($r = -0,12$, $P = 0,234$). Questi risultati suggeriscono che la misurazione dei parametri acido-basici nelle urine delle vacche in alcalosi non sembrano adatti per effettuare una diagnosi precoce sul rischio della febbre del latte. La misurazione del pH nelle urine e il calcolo dei parametri acido-basici forniscono informazioni comparabili sul valore acido-basico delle vacche lattifere.

Literatur

- ALP (Agroscope Liebefeld-Posieux), 2011. Fütterungsempfehlungen und Nährwerttabellen für Wiederkäuer. Zugang: <http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/03837/index.html?lang=fr> [18. Mai 2011].
- Bender, S. & Staufenbiel, R., 2003. Methodische Einflüsse auf ausgewählte Parameter des Säure-Basen-Haushaltes in Harnproben von Milchkühen. Berl. Münch. *Tierärztl. Wschr.* **116** (9–10), 432–435.
- Block, E., 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum dairy cows to reduce incidence of milk fever. *J. Dairy Sci.* **67** (12), 2939–2948.
- Casalone, M., Cannizzo, C., Stefani, A., Moro, L., Giansella, M. & Morgante, M., 2008. Mineral metabolism during late pregnancy and calcium

Summary

Use of acid-base indicators to predict the risk of milk fever in dairy cows

The aim of this study was to investigate a possible relationship between acid-base parameters in urine before parturition and the calcium level in blood shortly after parturition. Hundred dairy cows kept under identical feeding and housing conditions were monitored. The diet was based on grass and corn silage and hay ad libitum. Urine samples were taken on day 14, 7, and 3 before the estimated calving (day 285 of gestation) for the determination of pH, net acid-base excretion (NABE) and base-acid quotient (BAQ). Blood samples were taken within the first 12 h after calving for the analysis of total calcium. During the period before parturition, the mean values of urinary pH, NABE, and BAQ were $8,63 \pm 0,02$, 232 ± 4 mEq/kg DM, and $4,75 \pm 0,09$, respectively. The pH and NABE values indicated a state of metabolic alkalosis of the cows resulting from the distribution of a diet with a high positive dietary cation-anion difference value (+ 474 mEq/kg DM). No significant correlations were observed between total calcium concentration in blood ($1,92 \pm 0,04$ mmol/L) and mean values of urinary pH ($r = 0,08$; $P = 0,416$), NABE ($r = 0,04$, $P = 0,719$), or BAQ ($r = -0,12$, $P = 0,234$). The measurement of acid-base parameters in urine prior to parturition cannot be used to predict the level of blood calcium after parturition in cows under alkalotic condition. The determination of the NABE and BAQ parameters revealed similar information on the acid-base status of dairy cows as the measurement of the urinary pH.

Key words: dietary cation-anion difference, acid-base status, calcium, dairy cow.

status after parturition in dairy cows. Poster at the 25th World Buiatrics Congress, 6–11.07.2008, Budapest, Hungary.

- Goff, J.P. & Horst, R.L., 1997. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium to prepartum rations on milk fever in dairy cows. *J. Dairy Sci.* **80** (1), 176–186.
- Tucker, W.B., Hogue, J.F., Adams, G.D., Aslam, M., Shin, I.S. & Morgan, G., 1992. Influence of dietary cation-anion balance during the dry period on the occurrence of parturient paresis in cows fed excess calcium. *J. Anim. Sci.* **70** (4), 1238–1250.