

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ АНИОННО-КАТИОННОГО БАЛАНСА РАЦИОНА В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ ЛАКТАЦИИ

Тюрин О.А., кандидат с/х наук, научный консультант ООО «Органико»



## ВВЕДЕНИЕ

Современные породы коров обладают генетическим потенциалом, который позволяет получать до 60 литров молока в сутки. Составление рационов кормления с учетом анионно-катионного баланса рациона DCAD (Dietary cation-anion difference) является одним из инструментов достижения этой цели.

Специалисты по кормлению высокоудойных коров в современных молочно-товарных хозяйствах уже на практике широко включают в рационы

кормления буферные смеси и оптимизируют DCAD. В научной литературе появились многочисленные статьи по применению буферных смесей, рекомендации по содержанию макро-минералов и уровню DCAD. Цель данной работы – представить важную информацию по заявленной теме в отношении коров в первой половине лактации. Для общего анализа или более детального изучения этой темы можно ознакомиться с работами Sanchez (1999 а, b), обзорами Beede (1995) и Horst (1997).

## ОСОБЕННОСТИ НАЧАЛА ЛАКТАЦИИ

Высокопродуктивные коровы в первые 100 дней лактации способны потреблять до 22,7 кг сухого вещества в день, причем более половины этого объема в виде концентратов без особых проблем для здоровья животного, если рацион хорошо сбалансирован. Однако, у новотельной коровы этот же рацион кормления может вызвать тяжелую форму ацидоза. Такая разная реакция на один и тот же рацион в первую очередь объясняется различной работой рубца в период сразу после отела и в

середине лактации. Во время сухостойного периода животные обычно потребляют рацион, содержащий в основном объемистые корма богатые клетчаткой, в отличие от рациона лактации, когда доля объемистых кормов уменьшается. Эта особенность влияет на функции рубца в двух направлениях.

Прежде всего, в сухостойный период микрофлора рубца адаптируется к рациону с низким содержанием легкоусвояемых углеводов (концентрированные корма), что увеличивает

популяцию бактерий, разлагающих клетчатку и снижает количество амилотических бактерий. Так как амилотические бактерии также вырабатывают молочную кислоту, сокращение их количества сопровождается общим сокращением бактерий, расщепляющих молочную кислоту (Goff, 1999). При резком изменении рациона после отела, способность микрофлоры рубца усваивать молочную кислоту на начальном этапе лактации является минимальной, а это основная кислота, отвечающая за развитие острого ацидоза. Количество бактерий, вырабатывающих молочную кислоту, очень быстро растет по мере увеличения легкоусвояемых углеводов (концентрированных кормов) в рационе, а бактерии, расщепляющие молочную кислоту адаптируются медленнее (3-4 недели). Поэтому, при резкой смене рациона с высоким содержанием клетчатки на рацион с низким содержанием клетчатки повышается риск накопления молочной кислоты в рубце.

Второй фактор связан с длиной и количеством сосочков в рубце. Эти сосочки образуют всасывающую поверхность в рубце, которая поглощает, в первую очередь, летучие жирные кислоты, накапливающиеся в процессе обычной ферментации. В сухостойный период эти сосочки



на половину уменьшаются в размерах из-за низкого уровня легкоусвояемых углеводов (концентрированных кормов) в рационе. В случае резкого увеличения поступления легкоусвояемых углеводов, в результате дачи концентрированных кормов после отела, количество вырабатываемых летучих жирных кислот превышает способности рубца к их всасыванию, что ведет к повышенной концентрации летучих жирных кислот в рубце. Такая ситуация приводит к явлению известному как подострый ацидоз рубца, что играет определенную роль в сокращении потребления сухого вещества, усвояемости корма и в дальнейшем вызывает ламинит.

## ПРОБЛЕМЫ СО ЗДОРОВЬЕМ В НАЧАЛЕ ЛАКТАЦИИ

Одна из основных причин, по которой коровы не выдают предельно возможные надои молока в начале лактации, состоит в том, что в переходный период коровы предрасположены к определенным проблемам со здоровьем. Основные проблемы с обменом веществ сводятся к трем направлениям: 1) нарушения, относящиеся к энергетическому обмену (жировая инфильтрация печени, кетоз, подострый и острый ацидоз рубца); 2) нарушения с обменом минеральных веществ (родовой парез, субклиническая гипокальцемия, отек вымени); 3) проблемы с иммунной системой (задержка отделения плаценты, метрит, мастит). Следует отметить, что названные нарушения являются взаимозависимыми. Условия, способствующие развитию одной проблемы, относящейся к одной категории, могут вызвать нарушения в другой. Например, родильный парез или гипокальцемия в субклинической форме могут вызвать снижение тонуса мышц, что приведет к риску задержки

отделения плаценты и/или смещения сычуга, не смотря на то, что задержка отделения плаценты относится к категории проблем с иммунной системой коровы. Данная работа уделяет первоочередное внимание проблемам, связанным с ацидозом, но мы не можем недооценивать факт взаимозависимости данных нарушений друг от друга.

Curtis (1985) провел ретроспективный анализ факторов риска, относящихся к нарушениям обмена веществ. Анализ этих факторов выявил, что взрослые коровы больше подвержены риску возникновения проблем с отделением плаценты, родильным парезом и маститом. Коровы, имеющие проблемы с отделением последа, чаще подвержены риску развития мастита и кетоза. У коров с кетозом в 12 раз чаще развивается смещение сычуга. В целом, проведенный анализ показал, что профилактика возникновения одной проблемы может снизить вероятность дальнейшего развития других проблем со здоровьем.

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДНОГО ПЕРИОДА

Основные гормональные изменения возникают именно в переходный период. В то время как гормональные изменения приводят к уменьшению потребления сухого вещества, у коровы наблюдается увеличение потребности в питательных веществах, необходимых для роста плода, маммогенеза и лактогенеза (Bell, 1995; Grummer, 1995). Такое увеличение потребности в питательных веществах частично удовлетворяется за счет потребления сухого

вещества корма, и частично – мобилизацией тканей организма. Хотя гормональные изменения и обеспечивают определенную мобилизацию организма, излишняя нагрузка нежелательна для здоровья коров, их репродуктивной функции и молочной продуктивности. Поэтому очень важно уделять особое внимание составлению рациона в этот переходный период, как до, так и после отела.

### **Регуляция энергетического обмена и гомеостаза глюкозы.**

Глюкоза является веществом, играющим фундаментальную роль в процессах жизнедеятельности всех живых организмов. В последние недели формирования плода зародыш использует около 46% глюкозы матери через матку (Bell, 1995). К тому же, у коровы, производящей 30 кг молока в день, из крови извлекается минимум 2 кг глюкозы для синтеза лактозы (Bell, 1996). Следовательно, последний этап стельности и начало лактации является периодом, когда потребность в глюкозе значительно вырастает. Это оказывает огромные нагрузки на печень, которая вырабатывает весь необходимый объем глюкозы из пропионовой кислоты, аминокислот, и на другие органы и ткани, которым необходимо адаптироваться к сокращению запасов глюкозы. Глюкоза также является важным источником энергии для овуляции, а сокращенная доступность глюкозы в начале лактации может оказать отрицательное влияние на восстановление функций яичников после отела (Rabiee, 1999).

С приближением отела в крови резко уменьшается уровень инсулина и в первые недели после отела продолжает оставаться низким. После отела резко и очень быстро увеличивается содержание соматотропина в крови. Сочетание уменьшенного уровня инсулина, пониженной чувствительности подкожно-жировой клетчатки к инсулину и увеличенной выработки соматотропина ведет к увеличению выработки триглицеридов в жировой ткани и способствует их мобилизации (Bell, 1995; Lanna and Bauman, 1999). Это приводит к увеличению уровня неэстерифицированных жирных кислот в плазме крови после отела. Соматотропин в сочетании с повышенным уровнем кортизола стимулирует печень для выработки большего количества глюкозы.

Эти согласованные изменения в обмене веществ позволяют корове реагировать на увеличивающуюся потребность в питательных веществах для выработки молока. Однако, с учетом многочисленных факторов, включая факторы приведенные выше, метаболические процессы не регулируются на должном уровне, и несбалансированный обмен веществ вызывает большое количество проблем типичных для коров в переходный период.

### **Нарушения обмена веществ, связанные с энергетическим питанием.**

Мобилизация липидов в начале лактации является нормальными необходимым процессом для того, чтобы коровы удовлетворяли свои энергетические потребности для производства молока. Однако, когда количество и/или скорость мобилизации чрезмерно увеличивается, значительно чаще случаются нарушения обмена веществ. Очень часто корова с кетозом имеет проблемы с жировой инфильтрацией печени и смещением сычуга. Ацидоз рубца также распространенное явление в начале лактации из-за быстро ферментируемых кормов и плохой адаптации рубца к таким кормам.

### **Ацидоз рубца.**

Когда выработка кислоты в рубце в результате ферментации органических веществ превышает способность животного абсорбировать или нейтрализовать эти кислоты, уровень pH в рубце снижается. Такой ацидоз, даже в субклинической форме, приводит к сокращению целлюлозолитических бактерий, разлагающих клетчатку в рубце и способствует общему ухудшению усвояемости кормов. Затем ацидоз сокращает моторику рубца и эффективность смешивания содержимого рубца, что уменьшает количество летучих жирных кислот у стенок рубца. Следовательно, сокращается усвоение летучих жирных кислот (Allen and Beede, 1996). Из-за ухудшения моторики рубца и смешивания, подавляется жевательная активность, что ведет к поступлению меньшего количества слюны в рубец. Выработка буферных веществ в слюне эквивалента более чем 3 кг бикарбоната натрия и 0,9 кг динатрийфосфата (Erdman, 1988).

При резком и быстром увеличении легкоусвояемых углеводов (концентрированных кормов) в рубце пропорционально увеличивается выработка летучих жирных кислот. Если эти летучие жирные кислоты не будут быстро всасываться, то они начинают накапливаться в рубце. В зависимости от количества кислот, накапливаемых в рубце, ацидоз вызывает следующие проблемы. При незначительном накоплении этих кислот наблюдаются отклонения по потреблению сухого вещества и продуктивности, даже несмотря на хорошее внешнее состояние здоровья коров (Owens, 1998). Получаемое молоко может иметь пониженное содержание жира. Определенные виды бактерий и одноклеточных в рубце очень чувствительны к ацидозу и вырабатывают эндотоксины и гистамин, которые способствуют развитию ламинита. По мере накопления кислоты возникают более серьезные проблемы с потреблением сухого вещества, продуктивностью и общим состоянием здоровья животных (Nocsek, 1996).

Таким образом эта субклиническая форма ацидоза рубца протекает без явных симптомов и является постоянной у коров в переходный период, а также у коров в начале лактации.



## УРОВЕНЬ DCAD В РАЦИОНЕ ДОЙНЫХ КОРОВ

На основании вышеприведенных данных, целесообразно как можно раньше начинать переводить сухостойных коров на рацион кормления для дойного стада. В начале лактации коровам необходимо скармливать буферные вещества для оптимальной работы рубца и повышения DCAD. Рационы с более высоким DCAD помогают устранить проблемы, возникающие в переходный период: смещение сычуга, сокращение жвачной активности, раздражение стенки рубца и снижение потребления корма, низкие показатели по молочному жиру, ламинит и снижение молочной продуктивности. При скармливании буферных веществ поднимается

уровень DCAD, который нейтрализует ацидоз и устраняет сопутствующие проблемы.

Исследования увеличенного уровня DCAD на лактирующих коровах проводились в меньшем объеме, чем на сухостойных. Однако, последнее эксперименты показывают, что DCAD положительно влияет на молочную продуктивность и потребление корма лактирующими коровами. DCAD от +30 до +45 мЭкв/100 гр обеспечивает максимальные показатели по молочной продуктивности и содержанию бикарбоната в крови коров (буферный элемент, который нейтрализует кислоту в крови).

## СУЩНОСТЬ АНИОННО-КАТИОННЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

Leach (1979) и Mongin (1980) проводили анализ концепции кормления, учитывающей анионно-катионный баланс рациона. Первоначально, ученые интуитивно понимали сложность оценки влияния одного из макро-минералов без учета влияния других. Ранние концепции оценивали общее содержание зольных веществ, соотношение минеральных веществ и разницу между двумя или более макро-минералами.

### Кислота или щелочь.

Ученые изначально исследовали щелочность и кислотность рациона питания человека в рамках концепции кислотно-щелочного равновесия (Shohl, 1939). Признавалось, что пища человека имеет либо кислотную, либо щелочную основу. В процессе расщепления пищи органические анионы, такие как, ацетат, цитрат, соль яблочной кислоты и т.д. окисляются. Неорганические катионы, изначально связывающиеся с этими органическими анионами, остаются. Так как органические анионы могут накапливать ионы  $H^+$ , вырабатываемые в процессе обмена веществ, пища с большим количеством органических анионов (и, следовательно, неорганических катионов) считается щелочной. Уровень pH характеризует кислотный или щелочной состав пищи.

В основном текущее исследование макро-минералов в корме для молочных коров сосредоточено на изучении влияния зарядов катионов и анионов. Если упрощенно представить себе эти заряды, то в воображении рисуется поваренная соль, или хлорид натрия, в стакане с водой. Эта соль быстро растворяется в воде, потому что она диссоциирует на ионы  $Na^+$  и  $Cl^-$ . Ионы этих макро-минералов оказывают влияние на концентрацию ионов водорода ( $H^+$ ) и гидрокарбоната ( $HCO_3^-$ ) в биологических жидкостях. Когда в крови увеличивается количество положительно заряженных ионов, или катионов, (т.е.,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$ ), то  $HCO_3^-$  также увеличивается (для нейтрализации положительных зарядов). Так как  $HCO_3^-$  является основанием, то будем говорить, что катионы ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  и  $Mg^{++}$ ), в качестве оснований, помогают нейтрализовать кислоту. Когда количество отрицательно заряженных ионов, или анионов (т.е.  $Cl^-$ ,  $S^{--}$ ,  $P^{--}$ ) увеличивается в крови, то  $H^+$  также увеличивается для нейтрализации отрицательных зарядов. Так как  $H^+$  является кислотой, то анионы ( $Cl^-$ ,  $S^{--}$ ,  $P^{--}$ ), имеющие кислотообразующие свойства, увеличивают кислотность. Рисунок 1 ниже иллюстрирует это явление.

Рис. 1. Влияние катионов (Na) и анионов (Cl) на кислотно-щелочной баланс крови



### Анионно-катионный баланс рациона (DCAD).

Уровень pH в крови определяется количеством анионов и катионов поступивших в кровь. Если из желудочно-кишечного тракта в кровь поступило больше анионов, чем катионов, уровень pH в крови уменьшится. Mongin (1980) был одним из первых, кто предложил рассматривать трехсторонние взаимосвязи между Na, K и Cl. Он предложил рассматривать сумму Na, K за вычетом Cl, измеряемую в миллиэквивалентах (мЭкв) в сухом веществе рациона для прогнозирования уровня потребления чистой кислоты. Как правило, полученную сумму рассматривают в качестве анионно-катионного баланса (Tucker, 1988) или электролитного баланса в рационе (West, 1991). Однако, Sanchez и Beede (1991) ввели термин «анионно-катионный баланс рациона» (DCAD) для более точного представления математического расчета и во избежание ошибочной коннотации того,

что катионы минеральных веществ действительно составляют баланс с анионами минеральных веществ в рационе.

Кормленцы использовали влияние этих ионов на концентрацию H<sup>+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в органических жидкостях для прогнозирования воздействия рациона на баланс кислот и щелочи в крови. Когда рацион включает большее количество катионов, нежели анионов минеральных веществ, то рацион является щелочным, а уровень pH в крови и мочи повышен. Когда рацион включает большее количество анионов минеральных веществ, он является кислотным, а уровень pH в крови и мочи понижен. Таким образом, выражение анионно-катионного баланса в рационе или DCAD было выведено для того, чтобы помочь кормленцам определить, каким является рацион – щелочным или кислотным.

В полной виде формула DCAD выглядит следующим образом:

$$\text{мЭкв } [Na + K + Ca + Mg] - (Cl + S + P) / 100 \text{ гр. сухого вещества рациона (1)}$$

Проблема с включением многовалентных макроминералов (Ca, Mg, P и S) в уравнение DCAD для жвачных животных связана с изменчивой и не полной биодоступностью этих ионов по сравнению с Na, K и Cl.

Выражение, которое использовалось чаще всего в питании нежвачных животных является моновалентным анионно-катионным балансом, который выражается следующим образом:

$$\text{мЭкв } (Na + K - Cl) / 100 \text{ гр. сухого вещества рациона (2)}$$

Эта формула рассматривается в качестве основной для нежвачных животных, т.к. наиболее близко представляет ионы в корме, которые полностью диссоциируются из состава соответствующих солей и абсорбируются в теле.

В связи с дополнительным использованием

сульфатных солей в рационах перед отелом, выражение, наиболее приемлемое для расчетов, относящихся к питанию жвачных животных, и наиболее часто используемое в программном обеспечении по составлению рациона, выглядит следующим образом:

$$\text{мЭкв } [(Na + K) - (Cl + S)] / 100 \text{ гр. сухого вещества рациона (3)}$$

Более подходящим уравнением, с биологической точки зрения, будет такое уравнение, которое делает поправку на уменьшение величины биологической доступности S (Tucker, 1991) до 60% величины моновалентных ионов Na, K и Cl.

Однако, из-за того, что содержание S обычно значительно не меняется в рационах для лактационного периода (по сравнению с рационами на завершающих этапах) этот фактор снижения зачастую не учитывается.

## РАСЧЕТ DCAD

Для фактического расчета DCAD с использованием уравнения (3), минеральная концентрация веществ переводится в миллиэквиваленты, атомный вес берется из периодической системы Менделеева:

$$\text{мЭкв}/100\text{гр} = \frac{(\text{миллиграмм}) \times (\text{валентность})}{(\text{гр атомного веса})}$$

В качестве примера, рассчитаем величину в мЭкв (Na + K) - (Cl + S) для рациона с 0,1% Na, 0,65% K, 0,2% Cl и 0,16% S (минимальные рекомендации для сухостойных коров NRC, 1989).

Дано 100 мг Na (0,1% = 0,10 гр/100 гр или 100 мг/100 гр), 650 мг K (0,65% K), 200 мг Cl (0,2% Cl) и 160 мг S (0,16% S) на 100 гр сухого вещества рациона. Следовательно, этот рацион содержит:

$$\begin{aligned} \text{мЭкв Na} &= \frac{100 \text{ мг} \times 1 \text{ валентный}}{23 \text{ гр атомного веса}} = 4,3 \text{ мЭкв Na} \\ \text{мЭкв K} &= \frac{650 \text{ мг} \times 1 \text{ валентный}}{39 \text{ гр атомного веса}} = 16,7 \text{ мЭкв K} \\ \text{мЭкв Cl} &= \frac{200 \text{ мг} \times 1 \text{ валентный}}{35,5 \text{ гр атомного веса}} = 5,6 \text{ мЭкв Cl} \\ \text{мЭкв S} &= \frac{160 \text{ мг} \times 2 \text{ валентный}}{32 \text{ гр атомного веса}} = 10,0 \text{ мЭкв S} \end{aligned}$$

Далее необходимо сложить сумму миллиэквивалентов катионов и вычесть миллиэквиваленты от анионов:

$$\text{мЭкв (Na + K) - (Cl + S)} = 4,3 + 16,7 - 5,6 - 10,0 = +5,4 \text{ мЭкв/100 гр.}$$

Рассчитать DCAD можно еще одним более простым способом:

$$\text{DCAD} = [(\% \text{ Na в сухом веществе}/0,023) + (\% \text{ K в сухом веществе}/0,039)] - [(\% \text{ Cl в сухом веществе}/0,0355) + (\% \text{ S в сухом веществе}/0,016)].$$

Например, используя те же самые вышеприведенные цифры,

$$\text{DCAD равен } (0,10\% \text{ Na}/0,023) + (0,65\% \text{ K}/0,039) - (0,2\% \text{ Cl}/0,0355) - (0,16\% \text{ S}/0,016) = +5,4 \text{ мЭкв/100 гр.}$$

Заметьте, что показатели в расчете на 100 гр в 10 раз меньше, чем на кг (100 гр = кг/10). Также учитывайте, что уравнение (2) только с Na, K и Cl дает величину, которая примерно на 10 ед выше, чем в уравнении с Na, K, Cl и S (при условии, что S равно 0,16%).

## ВЛИЯНИЕ DCAD НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Ниже представлен обзор последних исследований влияния DCAD на молочную продуктивность. В исследованиях, где S не учитывалась, приводятся результаты в отношении выражения Na+K-Cl, а в исследованиях, где S фигурировала, будут даны результаты в отношении выражения Na+K-Cl-S. По общему правилу, при значении S равном 0,2% сухого вещества в рационе, S обеспечивает примерно -12 мЭкв/100 гр расчетной анионной нагрузки. Часть неточности с влиянием S на кислотно-щелочной статус связана с неполной диссоциацией серы, и, следовательно, уменьшенным физиологическим воздействием ионной силы.

### Исследования, использующие уравнение DCAD стремя элементами (Na+K- Cl).

Ученые Кентукки (Tucker, 1988) были первыми, кто провел свои исследования именно на оценке воздействия DCAD (Na+K-Cl) на кислотно-щелочной статус и молочную продуктивность молочного стада. Они сравнивали рационы, содержащие значение DCAD -10,0, +10 или +20. Рацион с DCAD +20 улучшил показатели потребления сухого вещества на 11% и выхода молока на 9% по сравнению с рационом, где величина DCAD была -10. Содержание в крови HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> увеличивалось прямо пропорционально с увеличением значения DCAD, что указывало на улучшение кислотно-щелочного статуса при высоком значении DCAD по сравнению с низким DCAD.

Исследователи пришли к заключению, что реакции на увеличивающийся DCAD не зависели от специфического воздействия Na, K или Cl. Так как рационы в период лактации обычно имеют DCAD выше, чем +20, то эти результаты изначально были более теоретическими, нежели практическими. Например, минимальные потребности в Na, Cl или S, указанные Национальным научно-исследовательским советом США (1989) говорят о том, что величина DCAD должна быть больше, чем +25. Следующий вопрос, требовавший ответа, - продолжится ли получение положительных результатов при скармливании рационов с величиной DCAD выше +20.

West (1991) в Джорджии частично ответил на этот вопрос, проведя оценку рационов с величиной +40 мЭкв/100 гр. В его исследовании использовался метод латинских квадратов - два латинских квадрата 4x4, с ограничениями по температуре окружающей среды (пониженная против высокой). Отдельные квадраты включали четыре коровы голштинской породы и четыре коровы породы Джерси. Рацион имел следующие величины DCAD: +2,5, +15, +27,5 и +40. Исследование показало, что окружающая среда не оказывала никакого влияния, а увеличение величины DCAD с +2,5 до +27,5 повлекло увеличение потребления сухого вещества, молочной продуктивности и содержания бикарбоната HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в крови. Эти данные дали основание полагать, что

производительность снизилась при более низкой величине DCAD. При величине DCAD +27,5 отрицательное влияние ослаблялось. Величина DCAD выше +27,5 не давала никаких дополнительных положительных воздействий.

В другом исследовании, проведенном этой же группой, (West, 1991) 16 лактирующим коровам в период жаркой погоды скармливались рационы даже с более высокой величиной DCAD: +10, +21,7, +33,4, и +45,1. Источник катионов (Na или K), который воздействовал на DCAD, также сравнивался. Увеличение DCAD приводило к линейному увеличению потребления сухого вещества вне зависимости от источника поступления Na или K. Уровень DCAD и источник катионов не оказывали влияния на выход молока стандартной 3,5% жирности. Жирность молока была выше при скармливании рационов отрегулированных по содержанию Na, по сравнению с рационами с K (3,92 против 3,62%). Уровень pH в крови увеличился линейно, в то время как уровень HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> увеличивался нелинейно. Источник катионов не оказывал никакого

влияния на кислотно-щелочной статус. Результаты исследования показали, что увеличение DCAD улучшило потребление сухого вещества и кислотно-щелочной статус. В общем, величина DCAD не зависела от влияния Na и K.

Оценка влияния Na, K и Cl на величину DCAD проводилась Tucker и Hogue (1990). Рационы были составлены для обеспечения величины DCAD +32 в основном рационе, с дополнительным содержанием 1,17% NaCl во втором и с дополнительным содержанием 1,56% KCl в третьем. Пятнадцать коров на промежуточном этапе лактации были закреплены за реплицируемыми латинскими квадратами 3x3. Коровы, потребляющие KCl, съедали больше сухого вещества и имели более высокий уровень жирности молока в процентном соотношении, чем коровы, которые потребляли NaCl. Но по молочной продуктивности различий не наблюдалось. Было сделано заключение о том, что измерение DCAD в рационе является более важным фактором, влияющим на постоянный кислотно-щелочной статус рациона, нежели определение концентрации Na, K и Cl.



Для построения модели влияния величин DCAD на разнообразные рационы с учетом различных условий содержания, Sanchez (1994b) собрал большую базу данных исследований, проводившихся на протяжении 10 лет на коровах в середине лактации во Флориде. Анализ данных подтвердил нелинейную зависимость от DCAD. Показатели потребления сухого вещества, молочной продуктивности и выхода молока стандартной жирности были на максимальном уровне при величине DCAD +38 ((Na+K)-Cl)/100гр. Эти модели оценивались путем сравнения их с независимыми данными Tucker (1988), West (1991) и West (1992). Модели DCAD, построенные на основании этих баз данных, очень хорошо прогнозировали результаты. Прогноз по потреблению сухого вещества, сделанный на основании модели DCAD и независимых данных, имел расхождение в среднем всего на 2,87% (от 0,19 до 12,27%). По молочной продуктивности прогноз различался в среднем всего на 2% (от 0,13 до 7,94%). Абсолютные расхождения между прогнозами,

сделанными на основании моделей DCAD и независимых данных, составили 0,24 – 1,22 кг/корову по потреблению сухого вещества и 0,07 – 0,60 кг/корову - по молочной продуктивности.

#### **Исследования, использующие уравнение DCAD с четырьмя элементами [(Na+K)-(Cl+S)].**

Большое исследование на 48 коровах было проведено Sanchez (1994a) для изучения воздействия DCAD, выраженного уравнением (Na+K)-(Cl+S) на кислотно-щелочной баланс и лактацию. Схема включала сочетание Na, K и Cl, которое обеспечивало величину DCAD в диапазоне от 0 до +50 [(Na+K)-(Cl+S)]/100 гр. Основной рацион включал в расчете на сухое вещество 54,5% концентрированных кормов, 5,5% шелухи семян хлопчатника и 40% кукурузного силоса. Потребление сухого вещества и молочная продуктивность достигали высших показателей, когда величина DCAD [(Na+K)-(Cl+S)] составляла от +17 до +38 и от +25 до +40 соответственно. Уровень содержания HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> в крови (P=0,09) также квадратично увеличивался при увеличении DCAD.

Уровень содержания  $\text{HCO}_3^-$  в крови был на максимуме при DCAD равном +38 [(Na+K)-(Cl+S)]. В поддержку выводов, сделанных Tucker (1988) и West (1991 и 1992), результаты данного исследования показали, что рационы кормления с величиной DCAD меньше +20 понижают уровень содержания  $\text{HCO}_3^-$  в крови, и не должны использоваться для кормления коров.

#### **Исследования, использующие уравнение DCAD с четырьмя элементами [(Na+K)-(Cl+S)] на различных этапах лактации.**

Три перекликающихся эксперимента (Delaquis and Block, 1995) были проведены на 12 коровах на раннем, среднем и позднем этапах лактации. В каждом эксперименте сравнивались два уровня рассчитанного DCAD [(Na+K)-(Cl+S)]/100 гр. Увеличение DCAD с +5,5 до +25,8 в начале лактации, и с +14,0 до +37,3 на среднем этапе лактации увеличили показатели потребления сухого вещества и молочную продуктивность. Это воздействие не наблюдалось на позднем этапе лактации при величине DCAD +20,0 или +37,5. Уровень содержания  $\text{HCO}_3^-$  в крови уменьшался на раннем этапе лактации, а выведение карбонат-ионов через мочу сократилось при более низкой величине DCAD на всех этапах лактации. Ответные реакции, наблюдаемые в данном исследовании, сходны с влиянием DCAD на кислотно-щелочной статус в других исследованиях. Однако, данное исследование подтверждает концепцию, согласно которой воздействие DCAD зависит от этапа лактации.

#### **Различия между содержанием К и Na как источников увеличения DCAD.**

В исследовании West (1992) также сравнивался источник катионов (Na или K), который оказывал влияние на DCAD. У коров на среднем этапе лактации не наблюдалось различий между Na и K.

Tucker и Nogue (1990) оценивали влияние Na, K и Cl при постоянном DCAD. Таким образом, в этом исследовании сравнивалось отдельное влияние Na и

K. Рационы были составлены для обеспечения DCAD на уровне +32 либо в основном рационе (с достаточным содержанием в нем Na, K и Cl), либо в основном рационе дополнительно содержащем 1,17% NaCl, либо в основном рационе дополнительно содержащем 1,56% KCl. Пятнадцать коров в середине лактации были распределены в латинских квадратах 3x3. Коровы, дополнительно получающие KCl, потребляли больше сухого вещества и имели более низкий процент жирности молока по сравнению с коровами, которые получали NaCl. Но по выходу молока различий не наблюдалось. В этом случае по этим коровам на среднем этапе лактации также были сделаны выводы о том, что величина DCAD в рационе явилась более важным определяющим фактором для оценки влияния рациона на кислотно-щелочной статус в организме, нежели показатели уровней содержания Na, K и Cl в рационе.

Возможно, самым полным на сегодняшний день исследованием, изучавшим влияние DCAD на коров на раннем этапе лактации, является неопубликованное исследование Эллиота Блока с соавторами из Университета МакГил (E. Block, 1999). Блок скармливал коровам голштинской породы контрольный рацион без добавления Na и K (+18 DCAD), а также еще два рациона с более высокой величиной DCAD +25 и +52 в начале лактации (0 – 10 недель периода раздоя). По рационам с более высокой величиной DCAD он регулировал источник DCAD (используя бикарбонат натрия и карбонат калия отдельно или вместе) в целях определения отдельного или совместного влияния Na и K. Блок определил, что комбинированное использование Na и K давало лучший результат по влиянию на потребление сухого вещества и молочную продуктивность. Он также определил, что рацион с DCAD +52 способствовал самому большему влиянию на выход молока. Комбинированное использование Na и K также способствовало наибольшему содержанию бикарбоната в крови.

## **ОСОБАЯ РОЛЬ КАЛИЯ**

Вышеуказанные положительные ответные реакции на комбинированное использование Na и K указывают на особую роль калиевой минеральной подкормки, именно в начале лактации. Такая же важная роль калиевой подкормки была выявлена на коровах, испытывающих тепловой стресс, так как коровы, находящиеся в условиях теплового стресса, теряли K через потоотделение и молоко, в которых наблюдался высокий уровень содержания K. Поэтому корова в условиях теплового стресса очень часто испытывает дефицит K. Исследования, проведенные Джоном Уэстом в Техасе, и Грифелем и Санчесом в Айдахо, в которых карбонат калия выступал источником калиевой подкормки, указывают на то, что имеется прямо пропорциональная положительная реакция на добавление калиевой подкормки в летний период (West, 1986, West, 1987 a,b, Griffel, 1997) при уровне K 2,1% в рационе.

Два последних исследования были проведены для подтверждения реальной необходимости дополнительного K для лактирующих коров в молочно-товарных хозяйствах. В первом испытании карбонат калия заменял хлорид калия, во втором испытании карбонат калия заменял часть карбоната натрия. Оба исследования показали значительное увеличение выхода молока (1,5 и 1 литр в день соответственно), поэтому нет сомнения в том, что данные университетских исследований имеют практическую значимость в промышленном производстве.

Потребность в дополнительном калии в начале лактации или в условиях теплового стресса возрастает с 0,1% до 1,5% калия в сухом веществе рациона. Животные продолжают показывать ответную реакцию на уровень калия приближающийся к 1,8%.



## МАКСИМАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ КАЛИЯ

В 1989 г. Национальный научно-исследовательский совет США опубликовал информацию о том, что максимальный допустимый уровень К составляет 3% (NRC, 1989). Канадские исследователи, Fisher (1994) провели новое исследование для изучения влияния высокого уровня калиевой подкормки. Они скормливали лактирующим коровам рационы с содержанием К 1,6, 3,1 и 4,6% (низкий, средний и высокий уровень). В их исследовании участвовало 15 коров голштинской породы в начале лактации с беспривязным стойловым содержанием, потребляющие травяной силос. Уровень DCAD в рационах этих коров был очень высоким +36,6, +73,5 и +108,1 мЭкв  $[(Na+K)-(Cl+S)]/100$  гр. По результатам поедаемости корма авторы заметили, что «некоторые коровы отдавали большее предпочтение рационам с 3,1% К, нежели другим рационам». По общему показателю

потребления сухого вещества (23,0, 23,82, и 22,3 кг/день для рационов с низким, средним и высоким содержанием К соответственно) не было отмечено никаких значительных различий. Однако, в процентном выражении к массе тела, у коров потреблявших рацион со средним уровнем содержания К, были самые высокие показатели по потреблению корма (3,54, 3,59, и 3,36% от массы тела соответственно). Выход молока сократился у коров, потреблявших рационы с высоким содержанием К, но этот показатель также снизился у коров, потреблявших рацион с низким и средним уровнем содержания К (31,6, 31,5, и 29,8 кг/день рационов с низким, средним и высоким содержанием К соответственно). Содержание молочного жира было выше при скормливание рационов со средним и высоким уровнем К (3,6, 3,72, и 3,79% соответственно).

## ВЗАИМОСВЯЗЬ КАЛИЯ И МАГНИЯ

При добавлении дополнительной калиевой подкормки, усвоение магния уменьшается. Следовательно, поступление магния должно быть увеличено. При скормливание высоких уровней калия оптимальный уровень магния составляет 0,35-0,38% сухого вещества в рационе.

Еще одно практическое правило - поддерживать коэффициент соотношения калия и магния меньше 5:1 (коэффициент рассчитывается по минеральным веществам в процентном соотношении к сухому веществу в рационе).

## ИСТОЧНИКИ КАЛИЯ В РАЦИОНЕ

Хлорид калия может быть источником К, когда требуется и калий, и хлор, но он не увеличивает DCAD. Излишний Cl негативно влияет на потребление корма и молочную продуктивность (Sanchez, 1994b),

особенно в летний период, поэтому избыток хлорида калия в рационе не рекомендуется. Карбонат калия выступает источником К, увеличивающего DCAD.

## ВАРИАТИВНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ МАКРО-МИНЕРАЛОВ В КОРМАХ

Очевидно, что учитывая DCAD при составлении рационов, необходимо проводить оценку содержания макро-минералов в рационе. Последние исследования и полевые наблюдения показали, что уровень содержания макро-минералов в кормах может значительно изменяться. DePeters (2000) опубликовал показатели питательной

ценности различных кормов и выявил значительные вариации в содержании макро-минералов в этих кормах. Schauff (2000) подтверждает это. Эти результаты исследований подчеркивают необходимость проведения анализа содержания макро-минералов в кормах для точного расчета и регулирования величины DCAD.



## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Последние исследования по DCAD на дойных коровах показывают, что:

- оптимальным значением DCAD для коров в середине лактации является диапазон от +27,5 до +40 мЭкв  $[(Na+K)-(Cl+S)]/100$  гр.

- оптимальный уровень DCAD для коров в начале лактации может достигать значения +50, но в связи с продолжающимися исследованиями стратегически верным будет увеличение DCAD до +40.

- совместное использование Na и K позволяет достичь лучших результатов, чем по отдельности. Помимо влияния на DCAD в рационе, калий оказывает дополнительный положительный эффект.

- при скармливании высоких уровней калия, оптимальными уровнями содержания магния является диапазон значений от 0,35% до 0,38% в расчете на сухое вещество корма. Еще одно

практическое правило - поддерживать коэффициент соотношения калия и магния меньше, чем 5:1 (рассчитывается по минеральным веществам в процентном соотношении к сухому веществу в рационе).

Эти основные принципы по уровню содержания макроминералов и DCAD подвержены влиянию многочисленных факторов, таких как, уровень производства, система управления кормлением, уровень снижения потребления корма (например, в условиях теплового стресса и др.), а также потенциал кислотообразования при использовании определенного рациона.

Компания «Органико» продолжит дальнейшее изучение этих и других факторов, с целью предоставления самой последней информации по регулированию DCAD в рационе молочных коров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Allen, M.S., and D.K. Beede. 1996. Causes, detection and prevention of ruminal acidosis in dairy cattle. Tri-State Dairy Nutrition Conference. M.L. Eastridge, ed.

Beede, D.K., C.A. Risco, G.A. Donovan, C. Wang, L.F. Archbald, and W.K. Sanchez.

1992. Nutritional management of the late pregnant dry cow with particular reference to dietary cation-anion difference and calcium supplementation. Proc. 24th Ann. Convention Am. Assoc. Bovine Practitioners, p. 51.

Beede, D.K. 1995. Macromineral element nutrition for the transition cow: Practical implications and strategies. Proc. Tri-State Nutrition Conf., Ft. Wayne, IN, p. 175.

Beede, D.K., T.E. Pilbeam, and S.M. Puffenbarger. 1999. Varying dietary calcium concentration with negative cation-anion difference for late pregnant cows: Effects on peripartum acid-base and calcium status, feed intake, health and lactational performance. J. Dairy Sci. 82(Suppl. 1):69.

Bell, A.W., R. Slepatis and R.A. Ehrhardt. 1995. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy. J. Dairy Sci. 78 : 1954-1961.

Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. J. Anim. Sci. 73 : 2804-2819.

Bell, A.W. 1996. The transition cow : actualized homeorhesis. Proc. 58th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Cornell University, Ithaca, NY.

Bertics, Sandra J., Ric R. Grummer, Carlos Cadorniga-Valino, and Emily E. Stoddard. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. J. Dairy Sci. 75:1914-1922.

Block, E. 1984. Manipulating dietary anions and cations for prepartum cows to reduce incidence of milk fever. J. Dairy Sci 67:2939.

Curtis, C.R., H.N. Erb, C.J. Sniffen, and R.D. Smith. 1984. Epidemiology of parturient paresis: predisposing factors with emphasis on dry cow feeding and management. J. Dairy Sci. 67:817.

Curtis, C.R., H.N. Erb, C.J. Sniffen, R.D. Smith and D.S. Kronfeld. 1985. Path analysis of dry period nutrition, postpartum disease, reproductive performance and mastitis in Holstein cows. J. Dairy Sci. 68 : 2347-360.

Delaquis A.M. and E. Block. 1995. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows. J. Dairy Sci. 78:2259

Dirksen, G.U., H.G. Liebich and E. Mayer. 1985. Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance. Bovine Pract. 20 : 116.

Erdman, R.A. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A review. J. Dairy Sci. 71:3246.

Erdman, R.A., R.W. Hemken, and L.S. Bull. 1980. Effects of dietary calcium and sodium on potassium requirements for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 63:538.

Coppock, C.E. 1986. Mineral utilization by the lactating cow--chlorine. J. Dairy Sci. 69:595.

Escobosa, A., C.E. Coppock, L.D. Rowe JR, and C.E. Gates. 1984. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. J. Dairy Sci. 67:574.

Giesy, J.G., W.K. Sanchez, M.A. McGuire, J.J. Higgins, L.A. Griffel, and M.A. Guy. 1997. Quantifying the relationship of dietary cation-anion difference to blood calcium in cows during hypocalcemia. J. Dairy Sci. 80(Suppl. 1):142.

Goff, J.P., and R.L. Horst. 1998. Effect of time after feeding on urine pH determinations to assess response to dietary cation-anion adjustment. J. Dairy Sci. 81(Suppl. 1):44.

Goff, J.P. and R. L. Horst. 1997. Comparison of sulfuric acid with hydrochloric acid as a source of acidifying anions. J. Anim. Sci. 75(Suppl. 1):98.

Goff, J.P. R. L. Horst, T.A. Reinhardt, and D.R. Buxton. 1997b. Preventing milk fever in dairy cattle. Proc. Tri-State Dairy Nutrition Conf., Ft. Wayne, IN, p. 41.

Goff, J.P., R. Ruiz, and R.L. Horst. 1997a. Relative acidogenic activity of commonly used anionic salts - re-thinking the dietary cation-anion difference equations. J. Dairy Sci. 80(Suppl. 1):169.

Goff, J.P. 1999. Dry cow nutrition and metabolic disease in periparturient cows. Adv. Dairy Technol. 11 : 63-79.

Griffel, L.A., W.K. Sanchez, R.C. Bull, R.F. Rynk, M.A. Guy, and B.A. Swanson. 1997. Effects of dietary protein and sodium or potassium buffers during summer on lactational performance, acid-base status and nitrogen metabolism of dairy cows. J. Dairy Sci. 80(Suppl. 1):241.

Grummer, R.R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. J. Anim. Sci. 73 : 2820-2833.

Hall, M.B. 1999. Management strategies against ruminal acidosis. Proc. 10th Annual Florida Ruminant Nutrition. Conference. University of Florida, Gainesville, FL.

Herod, E.L., R.M. Bechtel, E.E. Bartley, and A.D. Dayton. 1978. Buffering ability of several compounds in vitro and the effect of a selected buffer combination on ruminal acid production in vivo. J. Dairy Sci. 61:1114.

Hilwig, R.V. 1976. Excretion and renal regulation of neutrality. Page 19 in Buffers in ruminant physiology and metabolism. M.S. Weinberg and A.L. Sheffner, eds. Church and Dwight, Inc., New York.

- Horst, R.L., J.P. Goff, T.A. Reinhardt, and D.R. Buxton. 1997. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80:1269.
- Jacobson, D.R., R.W. Hemken, F.S. Button and R.H. Hatton. 1972. Mineral nutrition, calcium, phosphorus, magnesium and potassium interrelationships. *J. Dairy Sci.* 55:935.
- Jordan E.R., and Fourdraine R. 1993. Characterization of the management practices of the top DHI milk producing herds in the country. *J. Dairy Sci.* 76:3247
- Lanna, D.P.D., and D.E. Bauman. 1999. Effect of somatotropin, insulin and glucorticocoid on lypolysis in chronic cultures of adipose tissue from lactating cows. *J. Dairy Sci.* 82 : 60-68.
- Leach, R.M. 1979. Dietary electrolytes: Story with many facets. *Feedstuffs.* April 30, p. 27.
- Lough, D.S., D.K. Beede and C.J. Wilcox. 1990. Lactational responses to and in vitro ruminal solubility of magnesium oxide or magnesium chelate. *J. Dairy Sci.* 73:413.
- Mallonee, P.G., D.K. Beede, R.J. Collier, and C.J. Wilcox. 1985. Production and physiological responses of dairy cows to varying dietary potassium during heat stress. *J. Dairy Sci.* 68:1479.
- Martens, H. and I. Blume. 1987. Studies on the absorption of sodium and chloride from the rumen of sheep. *Comp. Biochem. Physiol.* 86a:653.
- McDowell, L.R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. (Various Chapters) Academic Press, San Diego, CA.
- Mongin, P. 1980. Electrolytes in nutrition: review of basic principles and practical application in poultry and swine. In Third Ann. Int. Mineral Conf. Orlando, FL. p.1.
- Moore, S.J., M.J. VandeHaar, B.K. Sharma, T.E. Pilbeam, D.K. Beede, H.F.
- Bucholtz, J.S. Liesman, R.L. Horst, and J.P. Goff. 1997. Varying dietary cation anion difference (DCAD) for dairy cattle before calving. *J. Dairy Sci.* 80(Suppl. 1):170.
- National, Research Council. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. Nat'l. Acad. Sci., Washington DC.
- Nocek, J.E. 1996. The link between nutrition, acidosis, laminitis and the environment. *Adv. Dairy Technol.* 8 : 49-68.
- Nocek, J. 1998. Ruminocentesis to evaluate the relationship between milk fat-protein inversion and subclinical acidosis in commercial dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70:(Suppl 1):
- Nordlund, K. 1994. Questions and answers regarding rumenocentesis and the diagnosis of herd-based subacute rumen acidosis. 4-State Applied Nutrition and Management Conference, LaCrosse, WI.
- Oetzel, G.R., J.D. Olson, C.R. Curtis, M.J. Curtis, and M.J. Fettman. 1988. Ammonium chloride and ammonium sulfate for prevention of parturient paresis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71:3302.
- Paquay, R., F. Lomba, A. Lousse, and V. Bienfet. 1968. Statistical research on the fate of dietary mineral elements in dry and lactating cows. I. Calcium. *J. Agric. Sci.* 71:173.
- Paquay, R., F. Lomba, A. Lousse, and V. Bienfet. 1969. Statistical research on the fate of dietary mineral elements in dry and lactating cows. IV. Chloride. *J. Agric. Sci.* 73:223.
- Rabiee, A.R., I.J. Lean, J.M. Gooden and B.G. Miller. 1999. Relationships among metabolites influencing ovarian function in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 82 : 39-44.
- Sanchez, W.K. and D.K. Beede. 1991. Interrelationships of dietary Na,K and Cl and cation-anion difference in lactation rations. In Proc. Florida Rum. Nutr. Conf. University of Florida, Gainesville. p.31.
- Sanchez, W.K., D.K. Beede, and J.A. Cornell. 1994a. Interactions of sodium, potassium, and chloride on lactation, acid-base status, and mineral concentrations. *J. Dairy Sci.* 77:1661.
- Sanchez, W.K., D.K. Beede, and M.A. DeLorenzo. 1994b. Macromineral element interrelationships and lactational performance: Empirical models from a large data set. *J. Dairy Sci.* 77:3096.
- Sanchez, W. K. 1999a. Another new look at DCAD for the prepartum dairy cow. Mid-South Ruminant Nutrition Conference, p70, Dallas-Fort worth, TX.
- Sanchez, W. K. 1999b. Another new look at DCAD for the postpartum dairy cow. Mid-South Ruminant Nutrition Conference, p79, Dallas-Fort worth, TX.
- Schneider, P.L., D.K. Beede, C.J. Wilcox, and R.J. Collier. 1984. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:2546.
- Schneider, P.L., D.K. Beede, and C.J. Wilcox. 1986. Responses of lactating cows to dietary sodium source and quantity and potassium quantity during heat stress. *J. Dairy Sci.* 69:99.
- Shohl, A.T. 1939. Mineral metabolism. Reinhold Publishing Corp, New York.
- Shohl, A.T. and A. Sato. 1922. Acid-base metabolism. I. Determination of base balance. *J. Biol. Chem.*
- Staples, C.R. and D.S. Lough. 1989. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 23:277-303.
- Suttle, N.F. and A.C. Field. 1967. Studies on magnesium in ruminant nutrition: Effect of increased intakes of potassium and water on the metabolism of magnesium, phosphorous, potassium and calcium in sheep. *Br. J. Nutr.* 21:819.
- Tucker, W.B., G.A. Harrison, and R.W. Hemken. 1988. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine, and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:346.
- Tucker, W.B. and J.F. Hogue. 1990. Influence of sodium chloride or potassium chloride on systemic acid-base status, milk yield, and mineral metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 73:3485.
- Tucker, W.B., J.F. Hogue, D.F. Waterman, T.S. Swenson, Z. Xin, R.W. Hemken, J.A. Jackson, G.D. Adams, and L.J. Spicer. 1991. Role of sulfur and chloride in the dietary cation-anion balance equation for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 69:1205.
- Vagnoni, D.B. and G.R. Oetzel. 1997. Effects of dietary cation-anion difference on dry matter intake and acid-base status of dry cows. *J. Dairy Sci.* 80:241 (Abstr.).
- Wang, C. 1990. Influence of dietary factors on calcium metabolism and incidence of parturient paresis in dairy cows. Ph.D. Dis., Univ. Florida, Gainesville.
- Wang, S.J., D.G. Fox, D.J.R. Chearney, S.D. Klausner, and D.R. Bouldin. 1999. Impact of dairy farming on well water nitrate level and soil content of phosphorus and potassium. *J. Dairy Sci.* 82:2164.
- West, J.W., C.E. Coppock, D.H. Nave, and G.T. Schelling. 1986. Effects of potassium buffers on feed intake in lactating dairy cows and on rumen fermentation in vivo and in vitro. *J. Dairy Sci.* 69:124.
- West, J.W., C.E. Coppock, D.H. Nave, J.M. Labore, and L.W. Greene. 1987a. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 70:81.
- West, J.W., C.E. Coppock, K.Z. Milam, D.H. Nave, and J.M. Labore. 1987b. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating cows during hot weather. *J. Dairy Sci.* 70:309.
- West, J.W., B.G. Mullinix, and T.G. Sandifer. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* 74:1662.
- West, J.W., K.D. Haydon, B.G. Mullinix, and T.G. Sandifer. 1992. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.* 75:2776.
- Yokoyama, M.T., and K.A. Johnson. 1988. Microbiology of the rumen and intestine, page 125 in *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition.* D.C. Church ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.