

## MANEJO NUTRICIONAL E REQUISITOS NUTRICIONAIS DE VACAS DE CORTE NO PRÉ E PÓS-PARTO

*Dr. Francis L. Fluharty*

*Department of Animal Sciences, The Ohio State University, Wooster, OH 44691*

*(330) 263-3904 E-mail: fluharty.1@osu.edu*

### INTRODUÇÃO

A rentabilidade do rebanho comercial de bovinos de corte depende de quatro fatores primárias: 1. O peso total dos bezerros vendidos; 2. O preço recebido pelos bezerros vendidos; 3. A porcentagem de bezerros desmamados, calculada dividindo o número de bezerros vendidos pelo número de vacas expostas a touro ou inseminação artificial; 4. O custo de manter a vaca desde o desmame de um bezerro até o desmame do bezerro seguinte. Para maximizar a rentabilidade, a nutrição precisa ser suficiente para permitir que a vaca: 1. Mantenha seu próprio organismo; 2. Entre em cio o quanto antes após a parto; 3. Conceba no início da estação de monta; 4. Nutra o feto; 5. Pare um bezerro vivo sem dificuldades; 6. Amamente o bezerro adequadamente durante cerca de 7 meses.

Os custos com a alimentação representam de 50 até 70% do custo total para se manter a vaca e fazer com que ela crie um bezerro até o desmame. Por isso, para poder minimizar o impacto do custo da alimentação em uma operação de pecuária de corte, uma vaca precisa ser capaz de desmamar um bezerro por ano. Caso contrário, os nutrientes irão manter a vaca e não serão usados para atender os requisitos reprodutivos e de lactação.

#### *Quatro estágios fisiológicos de produção e transtornos comuns relacionados à nutrição.*

**ESTÁGIO 1:** os primeiros 82 dias após o parto. Os maiores requisitos nutricionais da vaca ocorrem neste período de tempo. A vaca tem quatro funções básicas neste período: 1. Lactação, 2. Involução uterina, 3. Ovulação; 4. Concepção. Durante este tempo, a vaca deverá ser novamente coberta.

Todos os transtornos apresentados a seguir, relacionados à nutrição, ocorrem no Estágio 1.

#### **Paresia da Vaca Parturiente (Febre do leite, Hipocalcemia).**

Sinais: Ausência de contrações musculares, aspecto deprimido, vaca em decúbito lateral, extremidades frias.

Ocorre: Depois do parto

Prevenção:

1. Administrar um nível relativamente baixo de cálcio durante a fase final da prenhez e aumentar o nível próximo da parição.
2. Administrar níveis elevados de vitamina D durante alguns dias antes do parto.

#### **Retenção de Placenta**

Sinais: A placenta não foi eliminada 24 horas após o parto.

Ocorre: Muitas vezes é um problema em áreas deficientes em selênio.

#### **Nutrientes envolvidos:**

Vitamina A: Não é problema em pastos verdes. Pode-se administrar uma injeção de vitaminas A, D e E antes da parição.

Selênio: Recomenda-se uma injeção de 50 mg de Se aproximadamente 2 meses antes do parto.

Vitamina E: Resolvido com uma injeção de A, D e E antes do parto.

Cálcio: Torna-se um problema se não estiver presente em quantidades suficientes devido à má contração muscular. Seguir a orientação usada para prevenir a febre do leite.

### ***Cetose:***

É um transtorno metabólico associado ao metabolismo de carboidratos.

Ocorre: Quando as vacas estão em balanço energético negativo e por isso estão mobilizando as reservas orgânicas de gordura. Um acúmulo de acetil CoA produz corpos cetônicos (acetona, beta-hidroxibutirato e acetoacetato).

Sinais: Diminuição do consumo de ração, acetona no ar expirado e no leite, ocorre durante as primeiras 2-3 semanas de lactação e piora gradativamente.

Tratamentos:

1. Glicose ou gluconato de cálcio IV (alívio de curta duração)
2. Propileno glicol por via oral, utilizando uma cânula (drench)
3. Aumentar a produção de propionato no rúmen pela administração de uma dieta mais rica em grãos.

### ***Síndrome da Vaca Gorda***

É um transtorno metabólico associado a vacas recém paridas, que estão em balanço energético negativo.

Só ocorre se a vaca estiver gorda. E é muito mais prevalente em vacas de leite do que de corte.

Ocorre: Quando a gordura é depositada no fígado.

A morte do animal geralmente ocorre dentro de 7 a 10 dias.

**ESTÁGIO 2:** dias 83 a 205 do pós-parto. A vaca tem duas funções básicas neste período de tempo:

1. Lactação, 2. Manter a prenhez. Este é o melhor momento para que a vaca ganhe peso, porque ela está colhendo sua própria forragem. O bezerro é desmamado ao final deste estágio.

**ESTÁGIO 3:** dias 206 a 315 do pós-parto. As menores necessidades nutricionais da vaca ocorrem neste período, e suas únicas funções são: 1. Manter-se, 2. Manter a gestação. Do ponto de vista da rentabilidade, este estágio da produção é crítico, uma vez que os custos de alimentação precisam ser minimizados. Este é o estágio de produção em que os requisitos nutricionais são os mais baixos, e as rações de menor qualidade precisam ser usados nesta fase.

**ESTÁGIO 4:** dias 316 a 365 do pós-parto. Este é o período imediatamente anterior à parição, e o segundo em termos de requisitos nutricionais. As necessidades nutricionais aumentam neste período devido ao tamanho crescente do feto, que deve crescer cerca de 0,4 kg/dia. As três funções básicas da vaca são: 1. Proporcionar nutrição ao feto, 2. Preparar-se para o parto, 3. preparar-se para a lactação.

## **INTERAÇÕES ENTRE ENERGIA E PROTEÍNA**

Para que a vaca possa atender seus requisitos para gestação, parto, lactação e concepção, a nutrição não pode ser limitante. Com as dietas à base de forragem, a ingestão de energia digestível diminui com a crescente maturidade da forragem. A digestão ruminal da fibra é uma função da taxa de digestão da forragem e da taxa de passagem das partículas da forragem a partir do rúmen. Do ponto de vista prático com as forragens

não processadas, o grande tamanho da partícula da forragem madura reduz a energia disponível para o animal. Deve-se lembrar que os microrganismos precisam estar associados à forragem e depois ligar-se à forragem para que a digestão ocorra. A digestão normalmente ocorre da parte interna da forragem para as camadas externas. As limitações da velocidade em que isto ocorre incluem as propriedades físicas e químicas da forragem, o nível de umidade da forragem, tempo para penetração na camada da cutícula e ceras, e a extensão da lignificação (Varga e Kolver, 1997). A ração não digerida é degradada através do processo de ruminação e remastigação até que esteja digerido ou pequeno o suficiente para passar pelo orifício entre retículo e omaso. A maioria das partículas que deixam o rúmen é menor do que 1 mm, ainda que partículas de até 5 cm possam deixar o rúmen (Welch, 1986). Assim, não é difícil entender porque reduzir a partícula de tamanho grande de muitas forragens maduras para 1 mm a 5 cm pode aumentar o dispêndio energético de manutenção, devido a aumento na massa dos órgãos viscerais, e o dispêndio energético relacionado à ruminação remastigação. Além disso, a conversão de forragens fibrosas em carne e leite não é eficiente, com apenas 10 a 35% da ingestão de energia sendo captada como energia líquida para o animal, porque 20 a 70% da celulose pode não ser digerida (Varga e Kolver, 1997).

Os custos dos grãos para ração estão aumentando em todo o mundo. Por isso, as operações que utilizam forragens precisam utilizar ferramentas de manejo que sejam efetivas do ponto de vista do custo e que maximizem a digestibilidade da forragem. Os ruminantes em situações de pastejo precisam maximizar a digestão da forragem para aumentar os parâmetros de desempenho como ganho médio diário ou produção de leite. Os fatores que limitam a capacidade do animal de alcançar as metas de produção podem incluir o conteúdo de energia e proteína da forragem ou a disponibilidade. Estes fatores sofrem o impacto das espécies de forragem, nível de maturidade, concentração de lignina e requisitos de amônia das espécies bacterianas que digerem a celulose. Em anos recentes, tem sido relatado que a ingestão de proteína degradável (IPD) é o primeiro nutriente limitante para os bovinos de corte mantidos a pasto com forragens de baixa qualidade (Köster et al., 1996; Olson et al., 1999; Bandyk et al., 2001). Diferente das dietas à base de grãos, há um período de tempo, denominado fase lag, necessário para que as bactérias que digerem celulose se liguem às partículas da forragem. Isto cria uma situação em que a disponibilidade de proteína no rúmen precisa igualar-se ao momento de disponibilidade de energia para alcançar a digestão microbiana ideal.

Foi demonstrado que diversos fatores alteram a degradação bacteriana da proteína e, por sua vez, a quantidade de proteína microbiana que chega ao intestino delgado do ruminante. Em situações de produção em que a energia é limitante, por causa da qualidade relativamente baixa da forragem ou em situações de produção onde há ingestão reduzida de matéria seca, a proteína microbiana que chega ao intestino delgado pode ser insuficiente para maximizar o crescimento animal, fazendo-se necessária a utilização de proteína não degradável no rúmen (PNDR ou proteína bypass) (Firkins e Fluharty, 2000). A produção microbiana diária para o ruminante é um produto da eficiência com que os micróbios são sintetizados e apresentados pós-ruminalmente ao intestino delgado onde são absorvidos como aminoácidos. Geralmente isto é definido como nitrogênio microbiano sintetizado por quilo de matéria orgânica fermentada no rúmen, e o total de quilos de matéria orgânica fermentada no rúmen por dia (Hoover e Stokes, 1991). A eficiência da síntese de proteína microbiana é um importante fator que afeta os requisitos gerais de aminoácidos dos ruminantes, e é influenciada por uma série de fatores, incluindo: 1) fonte de energia, 2) suprimento de nutrientes como nitrogênio, enxôfre, ácidos graxos de cadeia ramificada, 3) características do ambiente ruminal, como taxa de diluição, pH e espécies microbianas presentes no rúmen (Hespell e Bryant, 1979). Uma eficiência média da síntese microbiana de 17 gramas de proteína microbiana por 100 gramas de matéria orgânica digestível foi determinada para muitas dietas, ainda que os valores geralmente sejam mais elevados para ovinos em comparação com bovinos, e para dietas à base de forragem em comparação com as dietas à base de grãos (Bergen et al., 1982). O fator chave a considerar é a ‘matéria orgânica digestível’, por isso, uma forragem madura com menos digestibilidade potencial vai resultar em menos produção microbiana quando comparado com uma forragem mais imatura, com menos lignina e mais matéria orgânica potencialmente digestível.

Nesta situação, há duas oportunidades interrelacionadas para aumentar a digestibilidade da forragem como resultado de maior crescimento microbiano e uma taxa de digestão mais rápida: primeiro, aumentar a área superficial da forragem disponível para a ligação bacteriana e degradação, e segundo, aumentar a quantidade de proteína (ou nitrogênio, N) que as bactérias do rúmen precisam para replicar.

Como Hoover e Stokes (1991) mostraram, a população microbiana do rúmen alcança sua taxa de crescimento mais elevada quando peptídeos, aminoácidos e amônia estão presentes juntos, ainda que os três possam servir, individualmente, como fonte de N para diversos micróbios. As bactérias do rúmen podem fornecer grande parte dos aminoácidos que alcançam o intestino delgado quando dietas ricas em energia são dadas aos animais em conjunto com proteína degradável no rúmen. Entretanto, o teor de energia e proteína de muitos resíduos de culturas ou forragens maduras altera os requisitos de proteína suplementar. Quando a energia e a proteína são limitantes, há redução tanto no número de bactérias como na taxa de crescimento destas bactérias, o que resulta em redução do teor de  $\text{NH}_3\text{N}$  ruminal que pode ser usado para a síntese de proteína (Satter e Roffler, 1975). Vários pesquisadores relataram concentrações ruminais mais baixas de  $\text{NH}_3\text{N}$  quando proteínas bypass são usadas com farelo de soja em dietas à base de forragem (Titgemeyer et al., 1989; Cecava et al., 1990; Hussein et al., 1991a; Sultan et al., 1992a). Seria de se esperar estas concentrações ruminais menores com proteínas bypass em dietas que são inerentemente pobres em PB e em que grande proporção de sua proteína suplementar não passa pela degradação ruminal. Além disso, o fluxo total de aminoácidos para o duodeno tem sido maior, em comparação com o farelo de soja, quando as proteínas bypass são administradas (Cecava et al., 1988, 1990; Titgemeyer et al., 1989; Sultan et al., 1992b).

Em dietas à base de resíduos de culturas e forragens de baixa qualidade ou maduras, há evidências suficientes para justificar combinações de fontes de proteína disponível no rúmen (IPD), como uréia ou farelo de soja, juntamente com fontes de PNDR que, em sua maioria, não passam pela degradação ruminal, mas estão disponíveis para a degradação enzimática no intestino delgado se não tiverem sido submetidos a um aquecimento excessivo durante a secagem. Fontes comuns de PNDR incluem farelo de glúten de milho, grãos de destilaria, farinha de penas ou farinha de peixe ou farinha de sangue. Isto se deve ao fato de que as dietas pobres em carboidratos rapidamente disponíveis e proteína resultam em redução do crescimento microbiano, de forma que maior porcentagem da proteína apresentada ao intestino delgado precisa vir de fontes não microbianas, ou deficiência nos aminoácidos que chegam ao intestino delgado pode limitar a produção animal. Uma maneira de aumentar a disponibilidade de celulose e hemicelulose, os principais carboidratos da forragem, seria moer a forragem e assim aumentar a quantidade disponível de carboidratos para ligação imediata com as bactérias. Em muitas situações de produção, entretanto, não é possível ou não é viável moer a forragem. Nestes casos, é simplesmente mais econômico e fácil fornecer N para as bactérias do rúmen e usar fontes de proteína bypass, em combinação, para maximizar o desempenho.

Os ruminantes têm a capacidade de reciclar o N no rúmen, o que reduz o teor de IPD que precisa ser administrado para atender as necessidades de N das bactérias para seu crescimento. Entretanto, a reciclagem de N é bastante diferente entre as dietas. A reciclagem de nitrogênio no rúmen forneceu 38 e 49% de ingestão de N para dietas de palha de trigo, com 10,2% de PB, suplementadas com farelo de soja e farinha de sangue, e seu fluxo subsequente para o duodeno foi equivalente a fornecer N adicional ao animal (Sultan et al., 1992a). Os fatores regulatórios para uma maior reciclagem de N no rúmen são concentrações ruminais mais baixas de  $\text{NH}_3\text{N}$  e maior digestão da matéria orgânica. Por isso, os ruminantes alimentados com fontes de proteína lentamente degradadas em dietas à base de resíduos de culturas beneficiam-se tanto de um maior suprimento de proteína para o intestino delgado como de uma maior conservação do N por meio da reciclagem de N (Sultan et al., 1992a). Contudo, houve aumento do fluxo total de N microbiano para o duodeno quando farelo de soja foi adicionado à dieta em comparação com combinações de farelo de glúten de milho/farinha de sangue (Cecava et al., 1990, 1991), farinha de peixe (Hussein et al., 1991b) ou farinha de sangue (Sultan et al., 1992b), demonstrando assim o benefício de usar combinações de IPD e PNDR.

Quando são usadas fontes de proteína IPD, o perfil de aminoácidos que chega ao intestino delgado é semelhante ao da proteína microbiana, e os aminoácidos que são limitantes na proteína bacteriana provavelmente serão limitantes para a capacidade de produção do ruminante (Willms et al., 1991). Além disso, Titgemeyer et al. (1989) relataram que farelo de soja, farelo de glúten de milho, farinha de sangue e farinha de peixe tinham grande variação na sua degradabilidade ruminal e na quantidade individual dos aminoácidos, e todos foram uma fonte pobre de pelo menos um aminoácido essencial. Por isso, dar as combinações de IPD e PNDR poderia atender melhor os requisitos de aminoácidos dos animais.

Os custos da suplementação protéica podem ser reduzidos se uma porção do IPD for proveniente de fontes de nitrogênio não protéico (NNP) como uréia  $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$  ou biureto  $(\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2)$ . Na verdade, as bactérias celulolíticas preferem amônia  $(\text{NH}_3)$  como sua fonte de proteína (Russell et al., 1992). Assim, substituir uma porção de proteína verdadeiramente degradável por NNP em suplementos para vacas mantidas em condições extensivas deve ser uma opção viável (Köster et al., 2002). A uréia tem uma proteína equivalente de 287% proteína equivalentes com base na matéria seca (NRC, 1996). A uréia, entretanto, é rapidamente hidrolizada a amônia e dióxido de carbono  $(\text{CO}_2)$  (Helmer e Bartley, 1971), e pode resultar em toxicidade por amônia se consumida em grandes quantidades em um período de tempo curto (Bartley et al., 1976). Em níveis elevados, 0,44 g/kg de peso corporal, a uréia é quase sempre fatal, a menos que ácido acético seja administrado em níveis de um mol de ácido acético / 1 mol de uréia dentro de um período de 3 horas, porque o ácido acético diminui o pH do rúmen, diminuindo a taxa de absorção da uréia para o sangue (Word et al., 1969). Além disso, Williams et al. (1969) e Rush et al. (1976) relataram redução de desempenho em bovinos recebendo suplementos à base de NNP quando comparados com bovinos recebendo suplementos de proteína verdadeira. Nestes estudos, entretanto, NNP representava alta proporção do N suplementar total e, no caso de Rush et al. (1976), foi usado juntamente com suplementos à base de melaço. As rações basais que Williams et al. (1969) usaram continha 4% ou 12,1% de uréia e não era consumida todos os dias. Rush et al. (1976) usaram suplementos com 30% de proteína sendo que metade da PB era proveniente de NNP. Rush et al. (1976) relataram que a atividade biuretólica do rúmen ficava aparente dentro de 6 dias, alcançava alto nível de atividade dentro de 20 dias e se mantinha por todo o período de arração de 74 dias. Além disso, Rush et al. (1976) relataram que vacas alimentadas com biureto recusavam menos ração do que as vacas consumindo uréia e sugeriram que a hidrólise mais lenta do biureto resultou em taxa de liberação de amônia mais comparável à taxa de liberação de energia da forragem madura sendo consumida. Em uma outra série de estudos, uréia ou biureto fornecia 50% do nitrogênio em suplementos secos com 30% de PB, ou a uréia fornecia 94% do nitrogênio em suplementos líquidos com 30% de PB com melaço. Nestes estudos, a perda de peso da vaca no inverno, ganho de peso da vaca no verão e o desempenho do bezerro não foram diferentes ( $P > 0,50$ ) para vacas alimentadas com proteína natural ou suplementos líquidos (Rush e Totusek, 1976).

Hersom (2007) sugeriu que a melhora no desempenho que resulta da adição de proteína às dietas de ruminantes alimentados com forragem de baixa qualidade ocorre devido à correção da deficiência de proteína/N na dieta, resultando em melhor sincronização entre o fornecimento de energia e proteína no rúmen. E, em muitos casos, ocorre independente da fonte de proteína, ainda que o aumento da proporção de proteína natural muitas vezes melhora o desempenho animal. Currier et al. (2004a) utilizaram vacas no último terço da prenhez para comparar as diferenças entre uréia (5,2% da matéria seca do suplemento) e biureto (6,1% da matéria seca do suplemento) em dietas onde os tratamentos com NNP foram formulados para fornecer 90% da necessidade estimada de IPD, sendo o suplemento administrado a 0,04% do peso corporal das vacas por dia, ou seja aproximadamente 0,22 kg para uma vaca pesando 567 kg. As duas fontes de NNP resultaram em mudanças positivas maiores no peso e no escore de condição corporal (ECC) em relação ao grupo controle, e o peso do bezerro ao nascer não foi afetado pela suplementação com NNP ou a fonte de NNP. Os autores concluíram que os ruminantes consumindo forragem de baixa qualidade podem usar de forma efetiva NNP suplementar para manter o status de nitrogênio e o desempenho tanto em situações em que são alimentados manualmente ou à vontade. Em outro estudo com novilhos consumindo forragem de baixa



qualidade, as mesmas dietas foram usadas em suplementação diária ou em dias alternados, e não afetaram de maneira adversa o consumo de forragem, a digestibilidade dos nutrientes, o local da digestão ou a eficiência microbiana na comparação com animais não suplementados (Currier et al., 2004b). O pH do rúmen nunca foi inferior a 6,3, sugerindo que não iria afetar negativamente a digestão da fibra (Currier et al., 2004c). Estes achados dão sustentação à conclusão de Köster et al. (2002), de que a uréia poderia substituir entre 20 e 40% do IPD em suplementos ricos em proteína, contendo 30% de proteína, sem alterar significativamente a palatabilidade do suplemento, ou o desempenho da vaca e do bezerro. Resumindo, utilizar combinações de IPD e PNDR poderia atender melhor os requisitos de aminoácidos do animal através da maximização do crescimento microbiano e a digestão da celulose, bem como fornecer os aminoácidos microbianos e os provenientes da ração para o intestino delgado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandyk, C. A., R. C. Cochran, T. A. Wickersham, E. C. Titgemeyer, C. G. Farmer, and J. J. Higgins. 2001. Effect of ruminal vs postruminal administration of degradable protein on utilization of low-quality forage by beef steers. *J. Anim. Sci.* 79:225-231.
- Bartley, E. E., A. D. Davidovich, G. W. Barr, G. W. Griffel, A. D. Dayton, C. W. Deyoe, and R. M. Bechtel. 1976. Ammonia toxicity in cattle. I. Rumen and blood changes associated with toxicity and treatment methods. *J. Anim. Sci.* 43:835-841.
- Bergen, W.G., D.B. Bates, D.E. Johnson, J.C. Waller and J.R. Black. 1982. Ruminal microbial protein synthesis and efficiency. p 99. In: F. N. Owens (Ed.) Protein requirements of cattle: Symposium. Oklahoma State Univ. Misc. Proc. 109.
- Cecava, M. J., N. R. Merchen, L. L. Berger and G. C. Fahey, Jr. 1988. Effects of dietary energy level and protein source on site of digestion and duodenal nitrogen and amino acid flows in steers. *J. Anim. Sci.* 66:961-974.
- Cecava, M. J., N. R. Merchen, L. L. Berger and G. C. Fahey, Jr. 1990. Intestinal supply of amino acids in sheep fed alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw-based diets supplemented with soybean meal or combinations of corn gluten meal and blood meal. *J. Anim. Sci.* 68:467-477.
- Cecava, M. J., N. R. Merchen, L. L. Berger, R. I. Mackie and G. C. Fahey, Jr. 1991. Effects of dietary energy level and protein source on nutrient digestion and ruminal nitrogen metabolism in steers. *J. Anim. Sci.* 69:2230-2243.
- Currier, T. A., D. W. Bohnert, S. J. Falck, and S. J. Bartle. 2004a. Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: I. Effects on cow performance and the efficiency of nitrogen use in wethers. *J. Anim. Sci.* 82:1508-1517.
- Currier, T. A., D. W. Bohnert, S. J. Falck, C. S. Schauer, and S. J. Bartle. 2004b. Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: II. Effects on site of digestion and microbial efficiency in steers. *J. Anim. Sci.* 82:1518-1527.
- Currier, T. A., D. W. Bohnert, S. J. Falck, C. S. Schauer, and S. J. Bartle. 2004c. Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: III. Effects on ruminal fermentation characteristics in steers. *J. Anim. Sci.* 82:1528-1535.
- Firkins, J. L. and F. L. Fluharty. 2000. Soy Products as Protein Sources for Beef and Dairy Cattle. In: J. K. Drackley (Ed.) *Soy in Animal Nutrition*. pp 182-214. Federation of Animal Science Societies, Savoy, IL.

- Helmer, L. g., and E. E. Bartley. 1971. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 54:25-51.
- Hersom, M. J. 2007. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in forage-fed ruminants. *J. Anim. Sci.* online: doi:10.2527/jas.2007-0463.
- Hespell, R. D. and M. P. Bryant. 1979. Efficiency of rumen microbial growth: Influence of some theoretical and experimental factors on Y ATP. *J. Anim. Sci.* 49:1640-1659.
- Hoover, W. H. and S. R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74:3630-3644.
- Hussein, H. S., R. M. Jordan and M. D. Stern. 1991a. Ruminal protein metabolism and intestinal amino acid utilization as affected by dietary protein and carbohydrate sources in sheep. *J. Anim. Sci.* 69:2134-2146.
- Hussein, H. S., M. D. Stern and R. M. Jordan. 1991b. Influence of dietary protein and carbohydrate sources on nitrogen metabolism and carbohydrate fermentation by ruminal microbes in continuous culture. *J. Anim. Sci.* 69:2123-2133.
- Köster, H. H., R. C. Cochran, E. C. Titgemeyer, E. S. Vanzant, I. Abdelgadir, and G. St-Jean. 1996. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tall-grass-prairie forage by bee cows. *J. Anim. Sci.* 74:2473-2481.
- Köster, H. H., B. C. Woods, R. C. Cochran, E. S. Vanzant, E. C. Titgemeyer, D. M. Grieger, K. C. Olson, and G. Stokka. 2002. Effect of increasing proportion of supplemental N from urea in prepartum supplements on range beef cow performance and on forage intake and digestibility by steers fed low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 80:1652-1662.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7<sup>th</sup>. Ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Olson, K. C., R. C. Cochran, T. J. Jones, E. S. Vanzant, E. C. Titgemeyer, and D. E. Johnson. 1999. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:1016-1025.
- Rush, I. G., R. R. Johnson, and R. Totusek. 1976. Evaluation of beef cattle range supplements containing urea and biuret. *J. Anim. Sci.* 42:1297-1308.
- Rush, I. G. and R. Totusek. 1976. Supplemental value of feed grade biuret and urea-molasses for cows on dry winter grass. *J. Anim. Sci.* 42:497-505.
- Russell, J. B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal Fermentation. *J. Anim. Sci.* 70:3551-3561.
- Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58:1219-1237.
- Sultan, J. I., J. L. Firkins, W. P. Weiss, and S. C. Loerch. 1992a. Effects of energy level and protein source on nitrogen kinetics in steers fed wheat straw-based diets. *J. Anim. Sci.* 70:3916-3921.
- Sultan, J. I., F. L. Fluharty, J. L. Firkins, and S. C. Loerch. 1992b. Effects of supplemental protein source and alkaline hydrogen peroxide treatment of wheat straw on site of nutrient digestion and flow of nitrogenous compounds to the duodenum of steers. *J. Anim. Sci.* 70:3909-3915.
- Titgemeyer, E. C., N. R. Merchen and L. L. Berger. 1989. Evaluation of soybean meal, corn gluten meal, blood meal and fish meal as sources of nitrogen and amino acids disappearing from the small intestine of steers. *J. Anim. Sci.* 67:262-275.

- Varga, Gabriella A. and Eric S. Kolver. 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. *J. Nutr.* 127:819S-823S.
- Welch, J. G. 1986. Physical parameters of fiber affecting passage from the rumen. *J. Dairy Sci.* 69:2750-2754.
- Williams, D. L., J. V. Whiteman, and A. D. Tillman. 1969. Urea utilization in protein supplements for cattle consuming poor quality roughages on the range. *J. Anim. Sci.* 28:807-812.
- Willms, C. L., L. L. Berger, N. R. Merchen, G. C. Fahey, Jr. and R. L. Fernando. 1991. Effects of increasing crude protein level on nitrogen retention and intestinal supply of amino acids in lambs fed diets based on alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw. *J. Anim. Sci.* 69:4939-4950.
- Word, J. D., L. C. Martin, D. L. Williams, E. I. Williams, R. J. Panciera, T. E. Nelson and A. D. Tillman. 1969. Urea toxicity studies in the bovine. *J. Anim. Sci.* 29:786-791.