



Archivos de Zootecnia

ISSN: 0004-0592

pa1gocag@lucano.uco.es

Universidad de Córdoba

España

Pádua, F.T.; Almeida, J.C.C.; Nepomuceno, D.D.; Cabral Neto, O.; Deminiciis, B.B.
Efeito da dose de uréia e período de tratamento sobre a composição do feno de *paspalum notatum*
Archivos de Zootecnia, vol. 60, núm. 229, marzo, 2011, pp. 57-62
Universidad de Córdoba
Córdoba, España

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49518786007>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

EFEITO DA DOSE DE URÉIA E PERÍODO DE TRATAMENTO SOBRE A COMPOSIÇÃO DO FENO DE *PASPALUM NOTATUM*

EFFECT OF THE LEVEL OF UREA AND PERIOD OF TREATMENT ON COMPOSITION OF *PASPALUM NOTATUM* HAY

Pádua, F.T.^{1*}, Almeida, J.C.C.², Nepomuceno, D.D.³, Cabral Neto, O.⁴ e Deminiciis, B.B.⁵

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense. Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal. Campos dos Goytacazes, RJ. CEP 28013-612. Brasil. *ftpádua@uenf.br

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Departamento de Nutrição Animal e Pastagens. Seropédica, RJ. Brasil.

³Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. Brasil.

⁴Faculdade de Ciências Agro-Ambientais. Avenida Brasil. Penha. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.

⁵Universidade Estadual do Norte Fluminense. Laboratório de Fitotecnia. Campos dos Goytacazes, RJ. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Amonização. Conservação de forragem. Gramínea. Valor nutritivo.

ADDITIONAL KEYWORDS

Ammonization. Forage conservation. Grass. Nutritional value.

RESUMO

Avaliou-se os efeitos das doses de uréia e períodos de tratamento sobre os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL) e matéria mineral (MM) do feno de grama-batatais (*Paspalum notatum*). Foram utilizadas doses de 0 (tratamento controle); 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5% de uréia com base na matéria natural e períodos de armazenamento de 21, 28 e 35 dias. O experimento foi conduzido segundo um delineamento inteiramente casualizado num desenho em parcela subdividida, com os períodos casualizados na parcela e as doses na sub-parcela. Não foi observado efeito de interação entre a dose e o período de armazenamento ($p>0,05$). Para o teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose foi observado efeito de regressão ($p<0,05$) em função das doses de uréia aplicadas. Para o conteúdo de matéria mineral não foi evidenciado efeito de regressão. As doses de uréia aplicadas proporcionaram melhorias no tocante à redução dos constituintes da parede celular, porém, os períodos de armazenamento estudados não influenciaram o comportamento das variáveis analisadas.

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the effects of doses of urea and periods of treatment on the crude protein (PB), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), hemicellulose (HCEL) and mineral matter (MM) of hay of *Paspalum notatum*. Were used levels of 0 (control treatment), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5% of urea based on natural matter and storage periods of 21, 28 and 35 days. The experiment was conducted in a completely randomized design in a design in a split plot, with those randomized in the plot and the doses in the sub-plot. There was no effect of interaction between level and the period of storage ($p>0.001$) for the variables. For the content of FDN, FDA, HCEL and PB the regression effect was observed ($p<0.001$) depending on the dose of urea applied. For the content of MM was not evident effect of regression. The level of urea applied provided improvements with respect to the reduction of cell wall constituents, however, the storage periods studied did not influence the behavior of variables.

INTRODUÇÃO

A sazonalidade de produção forrageira provocada por mudanças nas condições

Recibido: 23-7-08. Aceptado: 2-4-09.

Arch. Zootec. 60 (229): 57-62. 2011.

climáticas de cada estação do ano, (primavera, verão, outono e inverno), como queda de temperatura, redução do fotoperíodo e ausência de chuvas, promove déficits quantitativos e qualitativos na forragem produzida nas pastagens.

Diante da necessidade de atender as exigências alimentares dos animais, produtores e técnicos lançam mão de formas de manejo das pastagens reservando-as para o período de escassez de forragens, com a mesma finalidade são formadas capineiras e canaviais. Porém, as principais formas de conservação de forragens (feno e silagem) são comumente adotadas como forma de prevenção para estação seca. Por outro lado, a indisponibilidade de forragens de qualidade para confecção de silagem ou feno apresenta-se como fator limitante para garantir os índices de produtividade ou mesmo a manutenção do animal.

Diversos métodos têm sido testados visando melhorar o aproveitamento de forragens de baixa qualidade, tais como: tratamentos físicos, químicos ou biológicos, suplementação ou combinação de dois ou mais destes. Embora todos esses processos sejam tecnicamente possíveis, muitos são economicamente inviáveis nas condições brasileiras. Dentre os tratamentos químicos avaliados, principalmente com palhas ou resíduos de culturas e, mais recentemente, com fenos, destaca-se o uso da amônia anidra (NH_3) ou da uréia, processo denominado de amonização.

Um dos primeiros parâmetros estudados no processo de amonização de volumosos foi o efeito das doses de amônia aplicadas (Garcia e Pires, 1998). De acordo com Sundstol e Coxworth (1984) vários fatores podem afetar a eficiência da amonização, destacando-se a quantidade aplicada, o período de tratamento e a umidade da forragem.

A capacidade de substâncias químicas auxiliarem no processo de conservação de forragens no controle de microrganismos como fungos, bactérias, mofo e bolores

que provocam a redução do valor nutritivo da forragem consumindo os carboidratos solúveis disponíveis e aumentando os carboidratos estruturais é abordada por diversos autores. Por outro lado, a solubilização dos constituintes da parede celular vegetal é um efeito positivo de algumas substâncias químicas utilizadas no tratamento de forragens de baixa qualidade uma vez que eleva o valor nutritivo do alimento a ser fornecido aos animais.

A eficiência de um produto está relacionada com a quantidade a ser aplicada, o material a ser tratado e as condições de armazenamento durante o período de tratamento. Entretanto, quando são utilizados diferentes materiais faz-se necessário além da observância dos resultados divulgados na literatura científica, testes com diferentes quantidades e períodos de tratamento a fim de se obter a melhor combinação dos fatores avaliados.

O objetivo do presente experimento foi avaliar a influência de doses de uréia e períodos de armazenamento sobre a composição química bromatológica do feno de grama-batatais.

MATERIALE MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido no Setor de Forragicultura e Pastagens do Departamento de Nutrição Animal e Pastagem do Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (DNAP/IZ/UFRRJ), localizado no município de Seropédica, na região da baixada fluminense do estado do Rio de Janeiro, situado a uma latitude de $22^{\circ}45'S$, longitude $43^{\circ}41'W$, com uma altitude média de 33 metros. O clima da região é do tipo AW, pela classificação de Köppen.

A região apresenta duas estações distintas, uma seca, que se estende de abril a setembro e outra quente e chuvosa, que se estende de outubro a março. Levantamentos dos últimos dez anos mostram precipitação média anual de 1281,7 mm. As temperaturas

TEMPO DE APLICAÇÃO DA URÉIA E COMPOSIÇÃO DO FENO DE *PASPALUM NOTATUM*

médias anuais máximas e mínimas são respectivamente 29,8°C e 20,1°C.

O corte da grama (*Paspalum notatum*) foi efetuado por roçadeira acoplada a trator regulada para corte a uma altura aproximada do solo de 10 cm. Após o corte o material foi desidratado durante 72 horas, sendo realizados os processos de enleiramento e desenleiramento, com o objetivo de acelerar e uniformizar a desidratação, em seguida o feno foi recolhido e transportado para as dependências do DNAP/IZ, para aplicação da uréia. Foram aplicadas as seguintes doses: 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5%, com base na matéria natural. O período de desidratação do feno foi estabelecido através de análise sensorial onde se avaliou a plasticidade do material e a umidade aparente. O material foi pesado na quantidade de 4 kg feno/saco sendo acondicionado por camadas e a uréia aplicada simultaneamente, foram utilizados sacos plásticos com capacidade para 10 litros. No momento da aplicação o feno apresentava 83% de MS. Foram testados três períodos de armazenamento 21, 28 e 35 dias. No momento do corte as plantas estavam com 21 dias de crescimento.

A uréia foi distribuída sobre a forragem previamente pesada acondicionada em sacos plásticos e misturada para obter uma maior homogeneização em seguida os sacos plásticos foram vedados de modo a impedir a perda da uréia aplicada por volatilização na forma de amônia. Após os períodos de armazenamento os sacos foram abertos permanecendo por 24 horas para eliminação da amônia produzida pela hidrólise da uréia, em seguida retirou-se uma amostra de cada parcela experimental. As amostras foram pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 horas pesadas posteriormente para determinação do teor de MS.

As amostras foram moídas em moinho de facas do tipo Willey equipado com peneira para obtenção de partículas com granulometria de 1 mm. As amostras foram

analisadas quanto aos teores de PB, FDN, FDA, MM segundo Silva e Queiroz (2002). Os teores de hemicelulose foram obtidos pela diferença entre FDN e FDA. Os tratamentos foram distribuídos segundo um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, contendo: 3 (períodos) x 6 (doses) e 3 (repetições). Os períodos testados foram casualizados nas parcelas e as doses nas sub-parcelas, sendo os dados analisados por regressão utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química do feno de grama-batatais tratado com diferentes doses de uréia e períodos de armazenamento é apresentada na **tabela I**. Não foi observado efeito de interação entre os fatores testados, dose de uréia e período de armazenamento. Os períodos de armazenamento não influenciaram significativamente ($p>0,05$) o comportamento das variáveis analisadas.

Os teores de FDN e FDA reduziram linearmente ($p<0,001$) em função dos níveis de uréia (**tabela I**), possivelmente pelo fato de que, quando materiais fibrosos são tratados com produtos alcalinos, como a uréia, as ligações intermoleculares, mais especificamente as pontes de hidrogênio, entre as moléculas de celulose se rompem, solubilizando parte deste componente da parede celular (Van Soest, 1994). Gobbi *et al.* (2005) observaram comportamento semelhante para a variável FDA e efeito quadrático para FDN no feno de *Brachiaria decumbens* tratado com uréia. Segundo Klopfenstein (1978), a redução no conteúdo de FDA nos materiais amonizados está associada à solubilização de lignina e celulose, presumidamente como um resultado da redução da cristalinidade da celulose e também em razão de sua expansão e da saponificação das ligações éster entre lignina e hemicelulose. Estes resultados corroboram os obtidos por Reddy

Tabela I. Valores médios (% de MS) de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HCEL), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) do feno de grama batatais tratado com uréia e armazenado nos períodos de 21, 28 e 35 dias. (Average values (% of MS) of neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), hemicellulose (HCEL), mineral matter (MM) and crude protein (PB) of hay of *Paspalum notatum* treated with urea and stored in periods of 21, 28 and 35 days).

	dias	Nível de uréia (%)						Equação de regressão
		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	
FDN	21	73,61	73,15	72,65	72,14	71,60	71,13	$\hat{Y} = 73,63 - 1,01x$ *** ($R^2=0,99$)
FDN	28	72,41	71,94	71,05	69,51	69,38	68,85	$\hat{Y} = 72,45 - 1,54x$ *** ($R^2=0,95$)
FDN	35	76,11	75,17	73,35	72,50	70,32	70,05	$\hat{Y} = 76,18 - 2,61x$ *** ($R^2=0,97$)
FDA	21	37,43	36,43	35,21	33,80	32,49	31,62	$\hat{Y} = 37,51 - 2,41x$ *** ($R^2=0,99$)
FDA	28	40,77	40,05	38,95	36,73	35,05	32,96	$\hat{Y} = 41,44 - 3,21x$ *** ($R^2=0,97$)
FDA	35	40,70	39,65	36,90	35,75	33,25	32,60	$\hat{Y} = 40,82 - 3,47x$ *** ($R^2=0,97$)
HCEL	21	36,18	36,71	37,44	38,34	39,10	39,51	$\hat{Y} = 36,11 + 1,41x$ *** ($R^2=0,99$)
HCEL	28	31,63	31,89	32,09	32,78	34,33	35,89	$\hat{Y} = 31,01 + 1,67x$ *** ($R^2=0,87$)
HCEL	35	35,41	35,52	36,45	36,75	37,07	37,45	$\hat{Y} = 35,35 + 0,86x$ *** ($R^2=0,95$)
MM	21	9,28	8,99	8,35	9,01	8,95	8,45	$\hat{Y} = 9,09$ (ñ efeito)
MM	28	8,22	8,28	8,37	7,99	8,83	8,29	$\hat{Y} = 8,21$ (ñ efeito)
MM	35	8,92	9,71	8,21	7,71	8,28	8,88	$\hat{Y} = 8,98$ (ñ efeito)
PB	21	9,37	9,90	10,18	10,65	11,01	11,44	$\hat{Y} = 9,41 + 0,81x$ *** ($R^2=0,99$)
PB	28	9,62	10,08	10,47	10,80	11,43	12,39	$\hat{Y} = 9,50 + 1,04x$ *** ($R^2=0,96$)
PB	35	9,56	9,86	10,25	10,58	10,72	11,39	$\hat{Y} = 9,53 + 0,69x$ *** ($R^2=0,97$)

*** $p < 0,01$ pelo Teste t.

et al. (1993), Hai e Singh (1994) e Leal *et al.* (1994), que observaram redução nos teores de FDA de feno de sorgo, palhada de aveia e palhada de sorgo, respectivamente, tratados com fontes de amônia. Fahmy e Klopfenstein (1994), Leal *et al.* (1994) e Shen *et al.* (1998) também relataram declínio no teor de celulose de volumosos amonizados.

A amônia produto da decomposição da uréia pode agir sobre as moléculas de hemicelulose, promovendo o rompimento de ligações e a solubilização parcial deste componente, facilitando a ação dos microrganismos ruminais sobre a parede celular (Klopfenstein, 1978). Além disso, existe a possibilidade de a amônia promover o rompimento das pontes de hidrogênio entre as moléculas de celulose, promovendo sua

solubilização parcial (Van Soest, 1994), e entre as moléculas de celulose e hemicelulose, permitindo hidratação mais rápida e eficiente da parede celular, facilitando o acesso dos microrganismos ruminais e aumentando a digestão (Berger *et al.*, 1994). Ressalta-se que, neste estudo, a elevação das doses de uréia resultou em redução dos constituintes da parede celular vegetal FDN e FDA promovida pela solubilização dos mesmos, o que, provavelmente, resultaria em incremento no conteúdo de carboidratos prontamente digestíveis (Van Soest, 1994).

Reis *et al.* (2001a), utilizaram 3,0% de amônia anidra e 5,4% de uréia com base no peso seco dos fardos de feno de *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *Hyparrhenia rufa*, observaram tanto no material tratado com amônia anidra ou com uréia, decréscimos

TEMPO DE APLICAÇÃO DA URÉIA E COMPOSIÇÃO DO FENO DE *PASPALUM NOTATUM*

de 6,0 e 4,1 unidades percentuais nos teores de FDN e de 5,9 e 3,5 nos de hemicelulose dos fenos avaliados.

Os teores de hemicelulose, por terem sido obtidos pela diferença entre FDN e FDA apresentaram reduções em função das doses de uréia aplicadas e comportaram-se de forma crescente. Gobbi *et al.* (2005) não observaram efeito de níveis de uréia sobre os teores de hemicelulose, estimando-se valor médio de 37%. No entanto, boa parte dos estudos sobre a amonização com uréia tem registrado diminuição nos teores dessa fração da parede celular (Brown e Adjei, 1995; Rosa *et al.*, 1998; Reis *et al.*, 2001b). Segundo os autores este comportamento pode ser resultante do fato de a hemicelulose ter sido calculada a partir da diferença entre os teores de FDN e FDA, uma vez que as curvas de redução de FDN e FDA apresentaram comportamento diferenciado (quadrático e linear, respectivamente) em relação aos tratamentos com uréia.

O conteúdo de PB do feno de grama-batatais foi linearmente elevado em função do aumento da dose de uréia aplicada comportamento que pode ser explicado pela deposição do nitrogênio não proteico (NNP) aplicado na forma de uréia no tecido vegetal. Da mesma forma, Pires *et al.* (1999) avaliaram a amonização da quirera de milho com alta umidade e observaram que o teor de PB aumentou com os crescentes níveis de amônia. No mesmo sentido, Candido *et al.* (1999) observaram diferença de 11,8% para os teores de PB entre a maior dose e o tratamento controle para o bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia.

O conteúdo de MM do feno não foi alterado em função das doses de uréia aplicadas, o que pode ser explicado pelo fato da uréia ser hidrolisada pela urease em amônia,

composto volátil não se acumulando no material tratado. Lopes *et al.* (2005) observaram elevação do conteúdo de matéria mineral na palma forrageira em função do aumento da dose de uréia aplicada tendo os autores observado efeito quadrático para esta variável. Entretanto, Rosa *et al.* (2000) testaram o efeito da associação de doses de uréia com níveis de umidade na composição química do feno de *Brachiaria brizantha* cv. marandu e verificaram comportamento inconsistente para explicar o efeito dos fatores sobre o teor de matéria mineral, onde os referidos autores observaram para o feno com 20% de umidade tratado com doses de 2, 4 e 6% de uréia na base da matéria seca redução dos níveis de MM de forma linear, já para o teor de umidade de 30% combinado com as doses de uréia anteriormente citadas os autores observaram comportamento quadrático passando por um ponto de máximo e para o teor de umidade de 40% foi observado efeito de regressão linear verificando-se elevação do teor de MM em função do aumento da dose de uréia. Diante do exposto, o efeito da amonização sobre o conteúdo de matéria mineral do material tratado apresenta-se como ponto de controversa entre diferentes autores.

CONCLUSÕES

Os constituintes da parede celular vegetal foram significativamente alterados pela amonização com redução dos teores de FDN e FDA.

O conteúdo de PB foi elevado em função do aumento da dose de uréia aplicada.

Os períodos de armazenamento não influenciaram as variáveis analisadas.

O tratamento com uréia do feno de grama-batatais proporcionou melhoria no valor nutricional do feno de grama-batatais.

BIBLIOGRAFIA

- Berger, L.L., Fahey Jr., G.C., Bourquim, L.O. and Tigmeyer, E.C. 1994. Modification of forage quality after harvest. In: Fahey Jr., G.C. (ed). Forage quality, evaluation and utilization. *Amer. Soc. Agron.*, 1: 922-966.
- Brown, W.F. and Adjei, M.B. 1995. Urea

- ammoniation effects on the nutritive value of Guinea grass (*Panicum maximum*) hay. *J. Anim. Sci.*, 73: 3085-3093.
- Cândido, M.J.D., Neiva, J.N.M., Pimentel, J.C.M., Vasconcelos, V.R., Sampaio, E.M. e Mendes Neto, J. 1999. Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia. *Rev. Bras. Zootecn.*, 28: 928-935.
- Fahmy, S.T.M. and Klopfenstein, T.J. 1994. Treatment with different chemicals and their effects on the digestibility of maize stalks. 2. Intake and *in vivo* digestibility as affected by chemical treatment and monensin supplementation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 45: 309-316.
- Ferreira, D.F. 1999. SISVAR 4.3. Sistema de análises estatísticas. CD-ROM. Universidade Federal de Lavras, UFLA. Lavras, MG.
- Garcia, R. e Pires, A.J.V. 1998. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. Em: Congresso Nacional dos Estudantes de Zootecnia. Anais... AMEZ. Viçosa. pp. 33-60.
- Gobbi, K.F., Garcia, R., Garcez Neto, A. F., Pereira, O.G., Bernardino, F.S. e Rocha, F.C. 2005. Composição química e digestibilidade *in vitro* do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com uréia. *Rev. Bras. Zootecn.*, 34: 720-725.
- Hai, N.V. and Singh, G.P. 1994. Effect of ammoniation through urea treatment of oat straw on the rumen degradability of fibre. *Indian J. Dairy Sci.*, 47: 176-180.
- Klopfenstein, T.J. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.*, 46: 841-848.
- Leal, M., Shimada, A. and Hernández, E. 1994. The effect of NH₃ and/or SO₂ on the compositional and histological characteristics of sorghum stover. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 47: 141-150.
- Lopes, J.S., Jaeger, S.M.P.L., Tavares, J.T.Q., Silva, A.M. e Ledo, C.A.S. 2005. Composição bromatológica de palma forrageira (*Nopalea coccinellifera* Salm Dyck) amonizada. *Magistra*, 17: 107-113.
- Pires, A.J.V., Garcia, R., Cecon, P.R., Neiva, J.N.M. e Sarmiento, P. 1999. Amonização da quirela de milho com alta umidade. *Rev. Bras. Zootecn.*, 28: 1186-1193.
- Reddy, D.V., Ramachandra Reddy, R. and Subra Reddy, K.V. 1993. Effect of urea-ammoniation of moist sorghum hay chemical composition and degradation kinetics. *Indian J. Dairy Sci.*, 46: 45-48.
- Reis, R.A., Rodrigues, L.R.A., Pereira, J.R.A. e Ruggieri, A.C. 2001a. Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou uréia. *Rev. Bras. Zootecn.*, 30: 666-673.
- Reis, R.A., Rodrigues, L.R.A., Resende, K.T., Pereira, J.R.A. e Ruggieri, A.C. 2001b. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 1. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. *Rev. Bras. Zootecn.*, 30: 674-681.
- Rosa, B., Souza, H. e Rodrigues, K.F. 2000. Composição química do feno de *Brachiaria brizantha* cv. marandu tratado com diferentes proporções de uréia e de água. *Ciência Anim. Bras.*, 1: 107-113.
- Rosa, B., Reis, R.A., Resende, K.T., Kronka, S.N. e Jobim, C.C. 1998. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. basilisk submetido a tratamento com amônia anidra e uréia. *Rev. Bras. Zootecn.*, 27: 815-822.
- Shen, H.S., Ni, D.B. and Sundstol, F.E. 1998. Studies on untreated and urea-treated rice straw from three cultivation seasons: 1. Physical and chemical measurements in straw and straw fractions. *Anim Feed Sci. Technol.*, 73: 243-261.
- Silva, D.J. e Queiroz, A.C. 2002. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 2ª ed. UFV. Viçosa. 165 pp.
- Sundstol, F.E. and Coxworth, E.M. 1984. Ammonia treatment. In: Sundstol, F.E. and E. Owen. Straw and others fibrous by-products as feed. Elsevier Press. Amsterdam. pp. 196-247.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press. Ithaca. 476 pp.