

# Efeito de fertilizantes minerais e orgânicos na produção de Azevém (*Lolium multiflorum* L.): produção de matéria seca e azoto aparentemente recuperado

## Effect of mineral and organic fertilizers in the ryegrass yield (*Lolium multiflorum* L.): Dry matter yield and apparent N recovery

M. Arrobas<sup>1</sup> P. Tomás & M. A. Rodrigues

---

### RESUMO

Para avaliar o azoto disponibilizado para as plantas a partir de fertilizantes minerais e orgânicos, foi instalado um ensaio em vasos com azevém anual. Os fertilizantes utilizados foram: Casca de Castanha (CC) com 0,6% de azoto (N); Estrume de Bovino (EB), com 2,3% de N; Beira Adubo (BA), um guano comercial com 3,0% de N; Nitrato de Amónio (NA), com 20,5% de N, Entec (En), adubo com um inibidor da nitrificação, com 26% de N; e Fertigafsa (Fg), adubo composto ternário 4-16-12. Estabeleceu-se também uma modalidade Testemunha (T) sem N. Todos os fertilizantes foram aplicados em dose equivalente a 200 mg de N por kg da fracção terra fina de um solo com textura franco-limosa, com pH (H<sub>2</sub>O) 5,2 e 27 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica. Em todos os vasos foi aplicada uma solução nutritiva sem N. A sementeira foi efectuada a 1 de Outubro de 2004. Após germinação, foram mantidas 50 plantas por vaso. A produção de biomassa foi avaliada em 6 cortes, entre 9 de Novembro de 2004 e 4 de Agosto de 2005. Foi avaliada a produção de bio-

massa, o N exportado e o N aparentemente recuperado (NAR). A produção média acumulada de matéria seca variou significativamente entre 1,7 e 4,1 g/vaso em T e NA, respectivamente. A modalidade NA registou a exportação mais elevada (167 mg N/vaso) e o maior valor de NAR (64%). Entre os fertilizantes minerais destacou-se o menor valor de NAR associado a En (45%), enquanto que os materiais orgânicos BA e EB tiveram comportamento semelhante entre si (24 e 22%, respectivamente). Nestas condições, os fertilizantes orgânicos (BA e EB) e En foram pouco efectivos na libertação de N para a cultura. Os resultados fazem antever dificuldades na gestão destes fertilizantes em culturas anuais de ciclo curto, uma vez que estas podem ficar privadas de N durante fases importantes do seu desenvolvimento.

### ABSTRACT

A pot experiment with italian ryegrass was carried out to evaluate the N release from several fertilisers and organic amend-

---

<sup>1</sup> CIMO - Escola Superior Agrária de Bragança, apart. 1172, 5301-855 Bragança, e-mail: [marrobas@ipb.pt](mailto:marrobas@ipb.pt)

ments. The fertilizing materials were: chestnut fruit bark (CC), with 0.6% N, farmyard manure (EB), with 2.3% N, Beira Adubo (BA), a commercial organic amendment with 3% N; ammonium nitrate (NA), with 20.5% N; Entec (En), a fertiliser with a nitrification inhibitor, with 26% N; Fertigafsa (Fg) a 4-16-12 compound fertiliser, and control (T) without N fertilisation. All the fertilisers were applied at a rate equivalent to 200 mg N per kg of soil (< 2mm). A silt-loam soil with pH(H<sub>2</sub>O) 5.2 and 27 g kg<sup>-1</sup> of organic matter was used in the soil/fertiliser mixtures. A nutrient solution without N was added to all the pots. The crop was sown on the 1<sup>st</sup> October, 2004. After crop emergence, the plants were thinned to 50 plants per pot. Six harvests of ryegrass were taken between November 9, 2004 and August 4, 2005. Nitrogen uptake and apparent N recovery (NAR) were also estimated after the determination of tissue N content. Total dry matter yields (6 cuts) were significantly different between treatments. Extreme values ranged between 1.7 g/pot (T) and 4.1 g/pot (NA). The higher N uptake was recorded in the NA treatment (167 mg N/pot), as well as the higher NAR (64%). Entec produced the lowest NAR (45%) among the mineral fertilisers. The organic amendments BA and EB showed similar NAR, 24 and 22%, respectively. The N released from BA, EB and En during the growing season was very low. The results stress the difficulties in properly managing this kind of fertilisers in annual crops with short growing cycles, where a N shortage could occur during important phases of crop development.

## INTRODUÇÃO

O azoto (N) desempenha um papel essencial na produção, afectando o desenvolvimento das culturas mais do que qualquer

outro elemento (Santos, 1996). A elevada mobilidade de algumas formas de N no solo pode conduzir a uma reduzida utilização deste nutriente pelas culturas, o que implica significativas perdas económicas e energéticas (Zerulla *et al.*, 2001, Roco & Blu, 2006) e potencia impactes ambientais negativos associados à actividade agrícola. A Comissão Europeia encoraja os agricultores a adoptarem práticas agrícolas que minimizem os impactos negativos nos ecossistemas, através das medidas agro-ambientais. A utilização de materiais orgânicos como fonte de N para as culturas tornou-se uma importante componente no contexto de agricultura ecológica, onde a redução das perdas de nutrientes do sistema solo-planta aparece como um dos objectivos fundamentais a atingir (Moreno, 2001). O aumento da eficiência de utilização do N, a partir de fertilizantes minerais, continua a ser objecto de estudo da investigação industrial que tem promovido o aparecimento de vários tipos de fertilizantes azotados que libertam o N de forma gradual (Trenkel, 1997). A adição de inibidores da nitrificação a fertilizantes granulados poderá constituir uma solução em várias situações edafoclimáticas. A sua eficácia depende da molécula escolhida. A molécula DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato) parece ser efectiva neste processo; sem efeitos fitotóxicos e com potencial para aumentar a produção e a qualidade das culturas (McCarty, 1999, Pasda *et al.*, 2001, Roco & Blu, 2006). Este tipo de fertilizantes pode apresentar várias vantagens das quais se destacam a minimização de perdas de N por lixiviação e desnitrificação diminuindo o risco de poluição ambiental (Trenkel, 1997, Weiske *et al.*, 2001, Macadam *et al.*, 2003).

Considerando que, de acordo com pressupostos de agricultura sustentável, é importante manter a produtividade dos solos e minimizar impactes associados à utilização de fertilizantes, surge como objectivo cen-

tral deste trabalho a avaliação da disponibilidade de N a partir de diversas substâncias orgânicas e de adubos minerais. Nos últimos, foi incluído um adubo azotado elementar convencional, um adubo que incorpora a molécula DMPP como inibidora da nitrificação e um adubo composto ternário.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um ensaio em vasos com azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) como planta teste. Utilizou-se a fracção terra fina (< 2 mm) da camada superficial de um Cambissolo derivado de xisto, cujas características se encontram descritas no Quadro 1. O ensaio decorreu em Bragança, entre 1 de Outubro de 2004 e 4 de Agosto de 2005. Neste período, as temperaturas médias mínimas do ar foram negativas entre Outubro e Abril, tendo-se registado o valor médio mais baixo (-10°C) em Março. As temperaturas médias do ar foram sempre inferiores a 5°C entre Novembro e Fevereiro.

**QUADRO 1- Principais características do solo utilizado no ensaio**

<b>Característica</b>	
Textura (método da pipeta de Robinson)	Franco-Limosa
pH(H <sub>2</sub> O) (relação solo-água 1:2,5)	5,4
Matéria Orgânica (Walkley-Black) (g kg <sup>-1</sup> )	27
N (Kjeldahl) (g kg <sup>-1</sup> )	3
P (Egnér-Rhiem) (mg kg <sup>-1</sup> )	2 – Muito Baixo
K (Egnér-Rhiem) (mg kg <sup>-1</sup> )	97 - Alto

Antes da sementeira, foi adicionada uma solução nutritiva sem N a cada vaso, composta por 150 mg de P, 230 mg de K, 10 mg de Fe, 10 mg de Zn, 5,5mg de Mn, 2 mg de Cu, 1 mg de B e 0,1 mg de Mo.

Foram estabelecidas 6 modalidades de fertilização, com os materiais que constam no Quadro 2, sendo a dose de fertilizante variável, de forma a serem aplicados 200 mg de N por vaso. A composição NPK dos fertilizantes e a sua relação C/N foram também incluídas no Quadro 2. No ensaio, foi ainda incluída uma modalidade Testemunha (T) sem N.

De modo a completar 200 mg de N e 150 mg de fósforo (P) em cada vaso, foi aplicado P na forma de fosfato natural de Gafsa na modalidade Entec (adubo com a molécula 3,4 dimetilpirazolfosfato como inibidor da nitrificação) e na modalidade Fertigafsa, o N em falta foi complementado com Entec. Para cada modalidade, foram preparadas 4 repetições.

A rega foi efectuada de forma a manter os vasos com um teor de humidade correspondente a cerca de 2/3 da capacidade de campo. A sementeira ocorreu a 1 de Outubro de 2004. Após a germinação, foram mantidas 50 plantas por vaso. A produção foi avaliada em 6 cortes, nas datas correspondentes a 39, 150, 192, 229, 266 e 307 dias após a sementeira. A matéria verde foi colocada numa estufa de ventilação forçada, a 65°C, até peso constante.

Após secagem, foi registada a produção de matéria seca. As amostras foram moídas num moinho Cyclotec, de crivo com malha de 1 mm. Na matéria seca foi determinada a concentração em N pelo método Kjeldahl. Calculou-se o N exportado pela biomassa e o N aparentemente recuperado (NAR), a partir da equação:

$$(N_f - N_0) / N_i \times 100$$

onde  $N_f$  e  $N_0$  representam o azoto na planta na modalidade fertilizada e na testemunha, respectivamente, e  $N_i$  o N aplicado na forma de fertilizante (Rodrigues et al., 2006).

Em cada data de corte foi determinada a concentração de N no solo na forma de  $\text{NO}_3^-$ , por espectrofotometria de ultravioleta a 220nm, e na forma de  $\text{NH}_4^+$ , por potenciometria utilizando um eléctrodo selectivo.

**QUADRO 2 - Concentração em macronutrientes principais e razão C/N dos fertilizantes utilizados no ensaio. Casca de Castanha (CC); Estrume de Bovino (EB); Guano Beira Adubo (BA); Nitrato de Amónio (NA); Entec (En); Fertigafsa 4-16-12 (Fg)**

Fertilizantes	N	P	K	C/N
	%			
	<b>Orgânicos</b>			
CC	0,6	0,0	0,3	100,3
EB	2,3	0,4	4,3	24,3
BA	3,0	0,8	1,5	18,7
	<b>Minerais</b>			
NA	20,5	-	-	-
En	26,0	-	-	-
Fg	4,0	7,0	10,0	-

A análise estatística dos resultados de produção de matéria seca foi efectuada com o programa estatístico JMP 5.1. As médias com diferenças significativas foram separadas pelo teste de Tuckey-Kramer ( $\alpha < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Produção de biomassa

No primeiro corte (9 de Novembro), as produções mais baixas estiveram associadas aos fertilizantes Fg e En, respectivamente de 0,19 e 0,22 g de matéria seca (MS), que não se diferenciaram estatisticamente entre si (Quadro 3) e foram inferiores à testemunha. A produção mais elevada, próxima de 0,4 g/vaso, foi registada nas modalidades BA, EB e na Testemunha. As produções obtidas com o fertilizante mineral NA e com o ferti-

lizante orgânico CC também não diferiram significativamente da registada na Testemunha. Nesta data, terá sido o N disponível no solo o factor mais decisivo na produção.

Nos tratamentos En e Fg, os valores de produção significativamente mais baixos deverão estar associados à falta de P disponível no solo, uma vez que, nestas duas modalidades, foi aplicada uma forma natural de P (fosfato de Gafsa), de muito reduzida solubilidade (Santos, 1996, Scholefield et al., 1999). Recorde-se que o teor inicial em P deste solo foi classificado de muito baixo (Quadro 1) e que, nestas circunstâncias, o azevém responde ao estímulo da aplicação do nutriente na forma de fertilizante (Arrobas et al., 1994).

No segundo corte, que ocorreu em Fevereiro, as produções mais elevadas foram registadas nos tratamentos NA, BA e EB, que não evidenciaram diferenças significativas entre si (Quadro 3). A modalidade Testemunha acusou falta de N e registou o menor valor de produção de matéria seca. No entanto, as produções dos tratamentos CC, En e Fg não foram estatisticamente superiores. A elevada razão C/N do fertilizante CC condicionou a libertação de N ou terá mesmo originado imobilização biológica do nutriente. Nas modalidades En e Fg deverá ter sido ainda a falta de P o factor que mais limitou a produção. A concentração em N nos tecidos vegetais, que não diferia entre modalidades no 1º corte, foi significativamente mais elevada nas modalidades com fertilizantes minerais já no 2º corte (Figura 1).

Ao longo do tempo, o fósforo foi deixando de se constituir como factor limitante na medida em que, no último corte, a concentração nos tecidos variou entre 0,32 % na modalidade testemunha e 0,43 % na modalidade En (dados não apresentados).

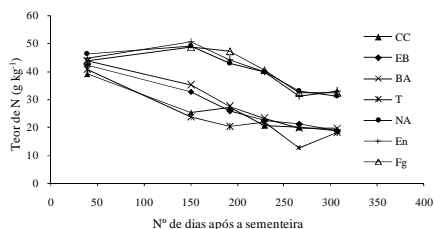
QUADRO 3 – Produção de matéria seca por corte e total acumulada

Fertilizante	Produção de matéria seca (g/vaso)						Total acumulada
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte	6º corte	
CC	0,34b	0,51cd	0,21c	0,15d	0,37c	0,35d	1,92c
EB	0,39ab	0,67abc	0,42ab	0,30c	0,67b	0,61c	3,04b
BA	0,41a	0,74ab	0,40ab	0,31c	0,67b	0,56c	3,09b
T	0,35ab	0,49cd	0,22c	0,13d	0,27c	0,23d	1,67c
NA	0,33b	0,82a	0,48a	0,49ab	0,98a	1,05a	4,14a
En	0,22c	0,53cd	0,27bc	0,42b	0,87ab	0,84b	3,13b
Fg	0,19c	0,58bcd	0,26bc	0,54a	0,94ab	0,90ab	3,40b

Na mesma coluna, a letras iguais correspondem médias sem diferenças significativas pelo teste de Tukey-Kramer ( $\alpha < 0,05$ ).

A partir do 4º corte, que ocorreu em Maio (229 dias após a sementeira), e com temperaturas mais elevadas, as produções das modalidades minerais (NA, Fg e En) começaram a destacar-se das produções das modalidades orgânicas, com valores significativamente superiores. No entanto, a produção em En foi significativamente inferior à produção em Fg.

No 5º corte, já não se registaram diferenças significativas entre as produções obtidas nos tratamentos com fertilizantes minerais, embora, no último corte se tivesse registado diferença significativa entre NA e En. Os tratamentos T e CC continuaram a apresentar as produções mais baixas. As modalidades EB e BA mantiveram as produções intermédias entre os extremos referidos.



**Figura 1** - Variação do teor de N na matéria seca no período de estudo.

A produção total de matéria seca da

modalidade NA foi significativamente superior à das restantes (Quadro 3). Os valores variaram entre 1,67 g de matéria seca por vaso na testemunha e 4,14 g na modalidade NA. Sem diferença significativa em relação à testemunha esteve a modalidade CC. As produções acumuladas obtidas nas modalidades EB, BA, Fg e En foram próximas de 3 g por vaso, sem diferenças significativas entre si, mas com valores superiores aos de T e CC e inferiores ao de NA.

### Concentração de N nas plantas e N exportado

Os tratamentos evidenciaram resultados diferenciados no teor de N na matéria seca. A Figura 1 mostra valores sistematicamente superiores nas modalidades com fertilizantes minerais em relação aos dos tratamentos com fertilizantes orgânicos. À medida que decorreu o ciclo vegetativo, a concentração em N na matéria seca foi diminuindo, devido à menor disponibilidade de N no solo.

Considerando os valores médios obtidos no período em estudo, as concentrações em N na matéria seca registadas na testemunha e nas modalidades com fertilizantes orgânicos variaram entre 23 g kg<sup>-1</sup> (T) e 28 g kg<sup>-1</sup> (BA). A absorção de N pelas plantas das modalidades com fertilizantes minerais resultou em concentrações médias de N na

**QUADRO 4 – Indicadores de disponibilidade de azoto**

Fertilizante	N na matéria seca (g kg <sup>-1</sup> )	N exportado (mg/vaso)	ΔP (%)	NAR (%)
Casca de Castanha	25	48	13,0	5,0
Estrume de Bovino	27	83	45,1	22,4
BeiraAdubo	28	87	46,0	24,3
Testemunha	23	38	0	0
Nitrato de Amónio	40	167	60,0	64,5
Entec	41	127	46,7	44,5
Fertigafsa	41	139	51,0	50,3

ΔP – Acréscimo de produção de cada modalidade relativamente à testemunha;

NAR – Azoto aparentemente recuperado.

matéria seca próximas de 40 g kg<sup>-1</sup>. São estes resultados que justificam as grandes diferenças de N exportado, apresentadas no Quadro 4.

Relativamente ao N exportado nas modalidades orgânicas, os valores variaram entre 48 mg/vaso (CC) e 87 mg/vaso (BA). A modalidade EB exportou 83 mg/vaso. As modalidades com fertilizantes minerais originaram exportações que variaram entre 127 mg/vaso (En) e 167 (NA). A testemunha exportou 38 mg/vaso.

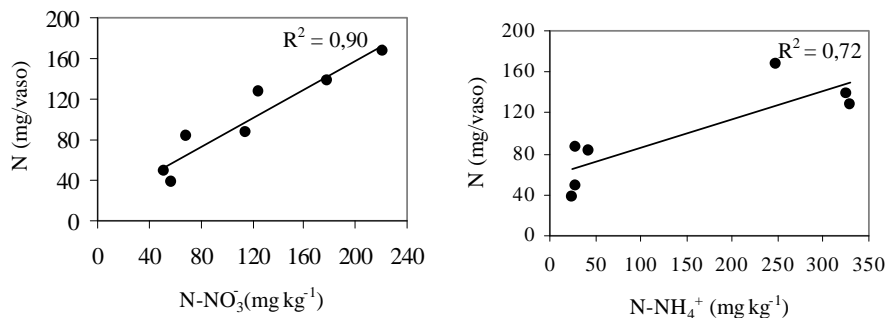
No que respeita à variação na produção (ΔP), verificou-se o menor aumento com o produto CC e os aumentos mais significativos estiveram associados aos adubos minerais (Quadro 4). Destes, foi o fertilizante NA o que produziu mais efeito, induzindo um acréscimo na produção de 60 % (Quadro 4).

#### Azoto aparentemente recuperado

O N aparentemente recuperado, avaliado através da percentagem de N dos fertilizantes recuperada pela cultura, é apresentado no Quadro 4. Entre as modalidades de correctivos orgânicos, CC apresentou o menor valor de NAR devido à elevada razão C/N do composto (Quadro 2). Por outro lado, as modalidades EB e BA apresentaram valores semelhantes entre si, mas inferiores aos dos fertilizantes minerais. O valor reduzido de

NAR associado aos materiais orgânicos aplicados ao solo tem sido registado em vários trabalhos científicos (Varenes, 2003). Rodrigues (2000) registou valores de NAR de 25% em estrumes de aviário, quando aplicados à cultura da batata. A aplicação de estrumes de bovino e de resíduos sólidos urbanos à mesma cultura originou valores de NAR praticamente nulos. Os valores obtidos neste trabalho poderão estar relacionados com as condições ambientais fortemente limitantes à actividade dos microrganismos envolvidos no processo de mineralização, nomeadamente as baixas temperaturas registadas durante um longo período de tempo.

Os fertilizantes minerais apresentaram valores de NAR mais elevados, com especial destaque para o adubo NA (64,5%). Os valores obtidos com NA, bem como com En e Fg, não foram diferentes dos obtidos por outros autores (Wiesler, 1998, Rodrigues, 2000). Várias razões podem ser apontadas para a reduzida eficiência de uso dos nutrientes. Neste trabalho, poder-se-á assumir que as diferenças de NA em relação a En e Fg se justificam pela diferença na proporção em NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dos 3 fertilizantes (50% para NA, 37,5% para Fg e 28,8% para En, de acordo com os elementos fornecidos pelos fabricantes). Esta diferença parece importante dado que a regressão linear



**Figura 2** – Relação entre a exportação em N (mg/vaso) e o teor médio em N no solo na forma de  $\text{NH}_4^+$  e na forma de  $\text{NO}_3^-$ ,

simples estabelecida entre a quantidade total de N exportado e a concentração média do ião nitrato e do ião amónio presentes no solo durante o período de ensaio (Figura 2) apresentou um coeficiente de determinação superior com a concentração do ião nitrato ( $R^2 = 0,90$ ) relativamente ao observado com o ião amónio ( $R^2 = 0,72$ ).

O valor de NAR associado ao fertilizante En parece estar dependente de características do solo. Barth *et al.* (2001) referem que o teor em areia e alguns parâmetros microbiológicos, entre outros, têm uma influência significativa na eficiência da molécula DMPP. A temperatura do solo aparece também como um factor muito importante que afecta a molécula DMPP. Zerulla *et al.* (2001) mostraram que temperaturas de 5°C impedem a nitrificação do ião  $\text{NH}_4^+$  proveniente de fertilizantes com DMPP. Já as temperaturas de 20°C favorecem o processo e permitem que o amoníaco deste tipo de fertilizantes se nitrifique em 40 dias. Considerando as temperaturas registadas ao longo deste ensaio, parece que este factor poderá ter sido realmente limitante.

Estes factores foram considerados a causa da menor produção obtida em lameiros de Trás-os-Montes adubados com En, quando comparada com a produção obtida com o

fertilizante NA (Arrobas *et al.*, 2005). Há trabalhos que mostram aumento de produção e NAR associados à aplicação de sulfato de amónio com DMPP (Roco & Blu, 2006), mas há, também, registos de um efeito depressivo de fertilizantes com a molécula DMPP na concentração de N, bem como na produção de espinafres, quando comparados os mesmos parâmetros em local onde foi aplicado N sem a molécula DMPP (Pasda *et al.* 2001). Pasda *et al.* (2001) referem que o efeito positivo da molécula DMPP é especialmente pronunciado em locais com precipitação elevada ou de rega intensiva e/ou em solos de textura ligeira.

No que respeita às condições ambientais deste trabalho, embora a textura do solo fosse, aparentemente, favorável a um bom desempenho do fertilizante Entec, poderá ter sido a temperatura ambiente a principal limitação.

## CONCLUSÕES

Os fertilizantes orgânicos apresentaram, em geral, reduzida disponibilidade de N para as plantas, sobretudo a casca de castanha obtida pelo descasque do fruto. Nas condições em que decorreu esta experiência,

o fertilizante com inibidor da nitrificação DMPP (Entec) disponibilizou, também, quantidades muito limitadas de N quando comparado com o adubo convencional nitrato de amônio. O fertilizante Entec, de liberação gradual de N, bem como os fertilizantes orgânicos ensaiados, fazem antever dificuldades na sua gestão em culturas anuais de ciclo curto, uma vez que podem ficar privadas de N durante fases importantes do seu desenvolvimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrobas, M., Coutinho, J. & Fernandes, M.L. 1994. Evaluation of soil test methods for the estimation of plant available phosphorus in the most representative soils from Portugal. II - A greenhouse study with north-eastern soils. *Proceedings of Third Congress of the European Society of Agronomy*, pp. 440-441. Colmar. France.
- Arrobas, M., Pereira E. & Monteiro, M. L. 2005. Efeito da aplicação de fertilizantes de liberação gradual na produção de vegetação herbácea em lameiros de Trás-os-Montes. *Resumos do Encontro Anual da SPCS*, pp 55. Castelo Branco.
- Barth, G., Von Tucher, S. & Schmidhalter, U. 2001. Influence of soil parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. *Biology and Fertility of Soils*, **34**: 98-102.
- Macadam, X. M. B., Prado, A., Merino, P., Estavillo, J. M., Pinto, M., G - Murua. 2003. Dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate decrease N<sub>2</sub>O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover. *Journal of Plant Physiology*, **160**: 1517-1523.
- McCarty, G. W. 1999. Modes of action of nitrifications inhibitors. *Biology and Fertility of Soils*, **29**: 1-9.
- Moreno, J. L. 2001. Aproximación a la gestión agroecológica de la fertilidad del suelo. In: J.L. Moreno & M.A Altieri (coord). *Agroecología y desarrollo, Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agrosistemas mediterráneos*, pp. 129-163. Ediciones Mundi-Prensa, Cáceres-Madrid.
- Pasda, G., Hahndel R. & Zerulla, W. 2001. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biology and Fertility of Soils*, **34**: 85-97,
- Roco, M. M. & Blu, R. O.2006. Evaluation of the nitrification inhibitor 3,4-Dimethylpyrazol phosphate in two Chilean soils, *Journal of Plant Nutrition*, **29**: 521-536.
- Rodrigues, M,A. 2000. *Gestão do azoto na cultura da batata: Estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo*. Tese de doutoramento. UTAD. Vila Real.
- Scholefield, D., Sheldrick R.D., Martyn, T. M. & Lavender, R.H.1999. A comparison of triple superphosphate and Gafsa ground rock phosphate fertilisers as P-sources for grass-clover swards on a poorly-drained acid clay soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **53**: 147-155.
- Santos, J.Q. 1996. *Fertilização. Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos*. Coleção EUROAGRO. Publicações Europa-América.
- Trenkel, M. 1997. *Improving fertilizer use efficiency controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture*. International Fertilizer Industry Association, Paris.
- Varennes, A. 2003. *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Escolar Editora.



- Weiske, A., Benckiser, G. & Ottow, J. G. 2001. Effect of the new nitrification inhibitor DMPP in comparison to DCD on nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions and methane (CH<sub>4</sub>) oxidation during 3 years of repeated applications in field experiments. *Nutrient Cycling in Agro ecosystems*. **60**: 57-64.
- Wiesler, F. 1998. Comparative assessment of efficacy of various nitrogen fertilizers. *Journal of Crop Production*, **1**: 81-114.
- Zerulla, W., Barth, T., Dressel J., Erhardt, K., K. von Locquenghien, Pasda G., Radle, M. & Wissemeier, A. 2001. 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. An Introduction. *Biology and Fertility of Soils*, **34**:79-84.