

## 12º JORNADA GANADERA DE BENITO JUAREZ – 12-07-07

### ABASTECIMIENTO DE FOSFORO Y DE NITROGENO EN PASTURAS PARA UNA GANADERIA PRODUCTIVA Y SUSTENTABLE

*Ing. Agr. María Alejandra Marino y Ph.D. Mónica Agnusdei*  
 Unidad Integrada Balcarce – (FCA-UNMDP – INTA)  
 Ruta 226 km 76,5 (7620) Balcarce. C.C. 276  
 mmarino@copetel.com.ar, magnusdei@balcarce.inta.gov.ar

En la actualidad, un panorama favorable para la ganadería argentina estimula el incremento de los niveles productivos. Sin embargo, en los últimos años se verifica un proceso de agriculturización que desplaza las actividades ganaderas hacia áreas con limitaciones de diferente tipo y magnitud. Aunque esto último constituiría un obstáculo para lograr el objetivo inicialmente propuesto, se debe considerar que la producción de forraje obtenida de las pasturas y de los pastizales naturales suele ser inferior a su potencial productivo (Agnusdei y col., 2001).

Un factor que habitualmente restringe el crecimiento de las especies forrajeras (cuando el suministro de agua no es limitante) es el abastecimiento de nutrientes minerales. Entre ellos se destacan, por su importancia para el crecimiento vegetal y por la variabilidad espacial y temporal en su disponibilidad para las plantas, el fósforo (P) y el nitrógeno (N). Con frecuencia se producen desbalances entre los requerimientos nutricionales de las plantas y la oferta de nutrientes del ambiente que pueden cubrirse, al menos parcialmente, por la aplicación de fertilizantes.

Es abundante la información que demuestra el impacto de la fertilización fosfatada y nitrogenada incrementando el crecimiento de verdeos (Mazzanti y col., 1997), de pasturas (Lattanzi, 1998; Marino y Berardo, 2000; Quintero y Boschetti, 2004) y de pastizales naturales (Fernández Grecco y col., 1998). Por esto, en algunas regiones ganaderas del mundo la fertilización de pasturas es una práctica habitual, y en ciertos casos la aplicación de elevadas cantidades de fertilizantes ha provocado la contaminación ambiental. Contrariamente, el agregado de fertilizantes en los sistemas ganaderos de nuestro país, en general es insuficiente para abastecer el requerimiento de las plantas y el crecimiento de las pasturas es restringido.

A continuación se presentan algunos conceptos básicos que contribuyen en la planificación de un suministro racional y eficiente de nutrientes en recursos forrajeros, para obtener los máximos beneficios productivos de la fertilización minimizando las pérdidas y los riesgos de perjuicio ambiental.

#### 1. Dinámica del Fósforo y del Nitrógeno en sistemas pastoriles

En la región pampeana la deficiencia de P es, en mayor o menor medida, generalizada. Es un nutriente de escasa movilidad y una proporción importante del mismo permanece en el suelo transformándose en distintas formas orgánicas e inorgánicas parcialmente disponibles para las plantas. Diversos factores como la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH del suelo entre otros afectan su disponibilidad para las plantas.

Buena parte del P exportado en el forraje consumido por los animales retorna al suelo a través de las heces, pero en general este aporte es heterogéneo e insuficiente para cubrir los requerimientos de pasturas de alta producción. En sistemas intensivos (invernada o tambo) se produce un traslado de la fertilidad (nutrientes) desde los potreros en pastoreados a los corrales, callejones y áreas de descanso donde se concentran las deposiciones de heces (Diaz Zorita y Barraco, 2002).

El N es un nutriente móvil e inestable en el ambiente pudiendo hallarse en estado sólido, líquido o gaseoso, y pasar de un estado a otro rápidamente. Las plantas pueden utilizar el N disponible (como  $\text{NO}_3^-$  y/o  $\text{NH}_4^+$ ) provenientes de diversas fuentes: la solución del suelo, la fijación simbiótica por las leguminosas, las deyecciones animales, el suplemento ofrecido a los animales y los fertilizantes.

La cantidad de N fijado por las leguminosas es altamente variable, con valores desde  $5 \text{ kg N ha}^{-1}$  en pastizales naturales no disturbados hasta  $400 \text{ kg N ha}^{-1}$  o aún más en pasturas de alta producción (West y Mallarino, 1996; Racca y col., 2001). Luego, para la transferencia del N fijado por las leguminosas a las gramíneas se han registrado valores de  $10$  a  $35 \text{ kg N ha}^{-1}$ , lo que representa el 10 a 20% del N fijado anualmente por las leguminosas, y el 10 a 50% del N absorbido por las gramíneas (West y Mallarino, 1996). Además, la mayor proporción esa transferencia ocurre durante y después de la senescencia de las leguminosas o bien cuando dejan de crecer activamente, por lo cual la transferencia de N por esta vía puede ser insuficiente en el momento en que las pasturas manifiestan altos requerimientos del nutriente.

Las deyecciones del ganado aportan N al sistema. Si bien, aproximadamente el 70% de la orina de los bovinos es urea, su recuperación por las plantas en crecimiento es relativamente escasa debido a las pérdidas (principalmente volatilización de amonio y denitrificación), a la inmovilización por los microorganismos y al desfase entre el aporte y la demanda por las plantas (Jarvis, 1998).

Existen varias vías de egreso o pérdidas de N, algunas deseables (como la carne, leche o lana producidas a partir del consumo de la pastura) y otras indeseables (lavado de nitratos, escurrimiento del N disuelto en la solución del suelo, pérdidas gaseosas a partir de la denitrificación o volatilización, etc.) (Jarvis, 1998).

## 2. Disponibilidad de los nutrientes en el suelo

La disponibilidad de P es dependiente principalmente de las características del suelo siendo afectado por el manejo del mismo (historia agrícola, fertilizaciones previas, tipo de laboreo, etc.). La disminución en los niveles de P disponible en los suelos registrada en las últimas décadas se atribuye principalmente a la extracción por los cultivos sin una adecuada reposición, pero los sistemas agrícola-ganaderos y los ganaderos intensificados presentan extracciones elevadas, próximas a las de sistemas agrícolas puros (Díaz Zorita, 1997; Berardo, 2003).

La disponibilidad de P y de N en el perfil de suelo es variable entre estaciones (valores máximos en verano y mínimos en invierno) aunque las variaciones en la disponibilidad de P son de menor magnitud que las cuantificadas para N (Figura 1).

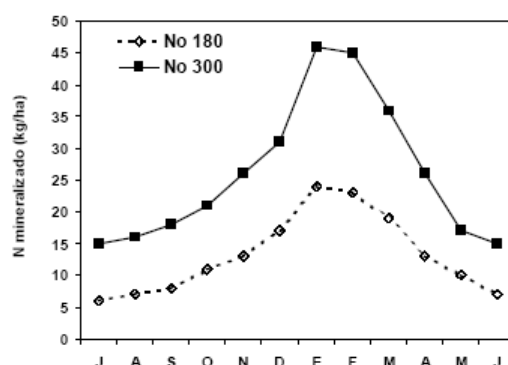


Figura 1: Distribución estacional de las tasas de mineralización de N en dos suelos del sudeste bonaerense con distinta cantidad de N potencialmente mineralizable (No 180; No 300) (Echeverría y Bergonzi, 1995).

En verano, se registran altas tasas de mineralización de la materia orgánica y la disponibilidad de N en la solución del suelo alcanza los máximos anuales, contrariamente en invierno su disponibilidad es mínima (Figura 1) (Echeverría y Bergonzi, 1995). Como se ve en la Figura 1, las características del suelo y/o su manejo influyen sobre la cantidad de nutrientes disponibles, esto debe considerarse al momento de definir la estrategia de fertilización.

## 3. Manejo de la nutrición mineral de los recursos forrajeros

### 3.1. Fósforo

Como se mencionó, el P en el suelo es más estable que el N, por lo cual, ante su deficiencia es posible aplicarlo en el momento de la siembra o anticipadamente en la estación de crecimiento. La fertilización fosfatada a la siembra aumenta la densidad de macollos y la acumulación de forraje en la etapa de implantación de pasturas (Marino y col., 2000).

Para recursos forrajeros plurianuales como alfalfa o pasturas consociadas, el efecto del P agregado se prolonga más allá del año de su aplicación lo que determinaría un "efecto residual" (Berardo y Marino, 2000a y b).

En pasturas de leguminosas puras o consociadas con deficiencias de P, la fertilización fosfatada incrementa el número de nódulos y la fijación de N de las leguminosas (Racca y col., 2001).

La dosis de P a aplicar depende de la producción de forraje esperada de cada recurso y de la provisión de nutrientes del suelo. Así, en suelos del sudeste bonaerense sin otras deficiencias nutricionales, el requerimiento de P de alfalfa fue de 40 a 50 kg de P ha<sup>-1</sup>, con producciones de forraje de 15000 a 20000 kg de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Berardo y Marino, 2000a) y de 30 kg de P ha<sup>-1</sup> en pasturas consociadas con 12000 a 13000 kg de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Para tales niveles de producción se encontraron respuestas hasta contenidos de P extractable cercanos a 30-35 ppm y 25 ppm, respectivamente. En pasturas de menor rendimiento, sin el agregado de N, el consumo de P varió entre 15 y 20 kg ha<sup>-1</sup> y la respuesta a P se manifestó solamente por debajo de 12-15 ppm de P (Marino y Berardo, 2000).

Marino y Berardo (2000), registraron respuestas a la fertilización fosfatada sobre la producción anual de forraje en pasturas consociadas (promedio de tres años) de 45 kg MS/kg de P aplicado sin aplicación de N y de 90 kg MS/kg de

P aplicado cuando se las fertilizó con N. Respuestas semejantes y aún superiores han sido citadas en trabajos previos con distintos recursos forrajeros (Morón, 2000; García, 2004).

Pueden esperarse respuestas a la aplicación de P en pasturas sin deficiencias hídricas ni de otros nutrientes de 4 a 7 kg de carne/kg de P aplicado/año según la producción de forraje del recurso considerado y la eficiencia de uso del forraje producido (asumiendo eficiencias de conversión de 13 a 15 kg de pasto por kg de carne producida). Otra forma de expresarlo sería con incrementos desde 90 hasta más de 100 lts de leche/kg P aplicado/año.

### 3.2. Nitrógeno

Por su dinámica, la estrategia de fertilización con N debe considerar el momento y la dosis a aplicar según las particularidades de cada situación.

En otoño las pasturas presentan menores tasas de crecimiento que en primavera y además cuentan con el aporte del N mineralizado durante el periodo estival, lo que determina menores respuestas al suministro de N que las que se obtienen en primavera. Además, las condiciones climáticas otoñales pueden favorecer las pérdidas gaseosas del N aplicado, obteniéndose eficiencias de 10 a 15 kg MS/kg N aplicado (Cañon, 2001). Las eficiencias de uso del N serán menores para el crecimiento invernal de las pasturas, entonces la aplicación de altas dosis de N en otoño-invierno suelen resultar excesivas. Por ejemplo, para lograr acumulaciones de forraje otoñales de 3000 a 5000 kg MS/ha, la fertilización no debería superar los 30 a 50 kg de N/ha (60 a 100 kg de urea/ha).

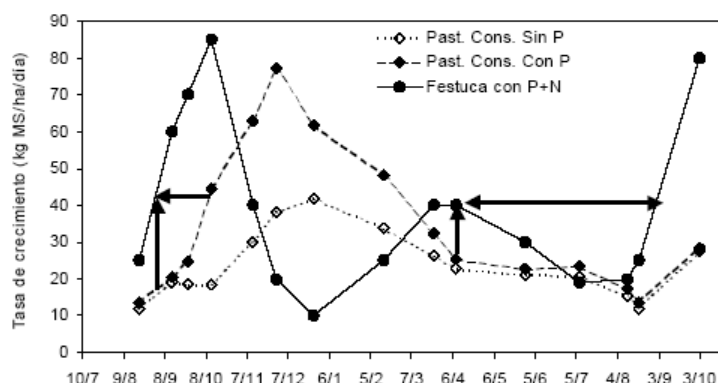
Por el contrario, a fin de invierno e inicio de la primavera, con baja disponibilidad de N en el suelo es factible obtener elevadas respuestas a la fertilización (25 a 40 kg MS/kg N aplicado) (Mazzanti y col. 1997; Fernandez Grecco y col., 1996, 1998). Para acumulaciones de 6000 a 8000 kg MS/ha en primavera, se han registrado respuestas significativas hasta 100 a 150 kg de N/ha (200 a 300 kg de urea/ha). Aplicaciones tardías (octubre) disminuyen la eficiencia de uso del N aplicado (aproximadamente 15 kg MS/kg N aplicado), debido a la disminución en las tasas de crecimiento y a la menor demanda de nutrientes de las plantas.

En primavera, pueden esperarse incrementos desde 1 hasta 3 kg carne/kg N aplicado según la eficiencia de utilización del forraje crecido. Rodríguez Palma y col. (1999) duplicaron la carga animal durante el invierno en un pastizal natural del sudeste bonaerense manteniendo ganancias diarias individuales de aproximadamente 0,9 kg/animal/día.

Para pasturas con deficiencias de N, la complementación de aplicaciones al inicio del otoño y a fines de invierno permitirían lograr el máximo crecimiento de las pasturas templadas. Aplicaciones de N fraccionadas durante la estación de crecimiento, es decir efectuadas después de cada utilización, incrementaría la eficiencia de uso del N (Fontanetto y col., 2004).

Las pasturas mixtas (de producción primavero-estival) y las pasturas dominadas por gramíneas de producción otoño-invierno-primaveral constituyen recursos complementarios en los sistemas ganaderos de la región. En ellos, la estrategias de fertilización deberían considerar el abastecimiento de P y de N para obtener el mayor beneficio de esta práctica.

En la Figura 2 se muestra que la fertilización fosfatada junto con la utilización estratégica del N (sin deficiencias hídricas ni de otros nutrientes) permite incrementar el crecimiento de las pasturas, adelantar el crecimiento estacional de forraje y por consiguiente la utilización de las pasturas, estabilizar la oferta de forraje y finalmente aumentar la productividad animal (Marino y Agnusdei, 2004).



**Figura 2:** Distribución estacional del crecimiento de una pastura asociada con y sin aplicación de P y de una pastura de festuca con aplicación de P y de N. Las flechas destacan los efectos de la fertilización (ver texto).

Un manejo particular de la fertilización es necesario cuando se realiza siembra directa de pasturas y de verdeos ya que, al menos inicialmente, el suelo ofrece una menor disponibilidad de nutrientes que en aquellos con labranza convencional. La eliminación de los laboreos reduce la tasa de mineralización de la materia orgánica y aumenta la inmovilización de ciertos nutrientes por lo que se requiere un mayor aporte de fertilizantes. En los últimos años se está generando información local sobre el impacto de la siembra directa en el crecimiento de pasturas (González y Colabelli, 2001; Uribe y Colabelli, 2003; Villanueva y col., 2004; Fontanetto, 2004). Asimismo, una planificación diferencial de la fertilización también debe aplicarse en los años posteriores a la implantación de las pasturas, cuando el consumo de las plantas durante el/los año/s previos junto con la falta de remoción del suelo, disminuyen la disponibilidad de nutrientes para los rebrotes posteriores.

Es importante tener en cuenta que el aporte de un nutriente (ya sea N, P, S, etc.) modifica los requerimientos de los otros elementos indispensables para sostener el crecimiento vegetal. La deficiencia de alguno de ellos puede restringir o anular los beneficios de la fertilización (Marino y col., 2003a; Marino y col., 2003b; Morón (2000).

#### 4. Impacto del suministro de nutrientes en los sistemas ganaderos pastoriles

Los fertilizantes son insumos de elevado valor que representan un importante porcentaje en los costos de implantación y de mantenimiento de los recursos forrajeros, pero los beneficios obtenidos en pasturas, verdeos y pastizales naturales que crecen sin deficiencias nutricionales son múltiples y se pueden evaluar de diferentes maneras.

El efecto del suministro de nutrientes puede analizarse en el corto plazo, o en los años posteriores a la aplicación (para P). Como se mencionó, cuando la disponibilidad de P y/o de N es baja la fertilización fosfatada y/o nitrogenada (sin deficiencias hídricas ni de otros nutrientes) aumenta el crecimiento de las plantas y, consecuentemente, se anticipa la oferta de forraje con respecto a las pasturas no fertilizadas. Esto permite aumentar la carga animal manteniendo elevadas ganancias de peso (Rodríguez Palma, 1999) o producciones de leche individuales y aumenta la productividad del sistema.

Por otra parte, la fertilización balanceada de pasturas permite duplicar o hasta triplicar la producción de forraje (según la estación de crecimiento y las condiciones climáticas). Entonces una misma cantidad de forraje presupuestada puede lograrse en una menor superficie, reduciendo los costos de implantación y mantenimiento (semilla, herbicidas, etc.) de los recursos, así como también se pueden liberar lotes o parte de ellos para realizar otras actividades.

Asimismo, plantas jóvenes sin deficiencias nutricionales presentan un mayor contenido proteico y de otros minerales que aquellas subnutridas (Marino y Agnusdei, 2004), contribuyendo a mantener dietas balanceadas e incrementar la performance animal.

En el largo plazo, la incorporación de nutrientes en los recursos forrajeros contribuye a evitar el deterioro de la fertilidad de los suelos y ofrecer mejores condiciones para los cultivos o las praderas que ocupan el suelo con posterioridad. De este modo, la fertilización compensa, al menos parcialmente, la extracción de nutrientes de las actividades productivas.

La decisión de fertilizar un recurso forrajero debe considerar la capacidad de cada empresa para utilizar eficientemente el forraje producido. De lo contrario, sin una planificación correcta el beneficio económico obtenido con

la aplicación de fertilizantes disminuirá por una menor eficiencia de su utilización y se acentuará el riesgo de contaminación ambiental.

#### Bibliografía

- Agnusdei, M.G., Colabelli, M.R. y Fernández Grecco, R.C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. Boletín Técnico Nº 152. ISSN 0522-0548. EEA INTA Balcarce.
- Berardo, 2003. Manejo del fósforo en los sistemas de producción pampeanos. En Actas del: Simposio "El fósforo en la agricultura Argentina". INFOFOS Cono Sur. Mayo, 2003. Rosario. 38-45.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000a. Producción de forraje de alfalfa bajo diferentes niveles de nutrición fosfatada en el sudeste bonaerense. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol 20 Nº 2:93-101.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000b. Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. I – Residualidad del P aplicado y efecto de las refertilizaciones anuales. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol 20 Nº 2:103-111.
- Cañon, L. 2001. Producción otoñal de forraje de agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*): Efecto de la fertilización nitrogenada. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP. 43 pp.
- Diaz Zorita, M. y Barraco, M. 2002. ¿Cómo es el balance de fósforo en los sistemas pastoriles de producción de carne en la región pampeana? Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Nº 13:8-10, Marzo 2002.
- Echeverría, H.E. y Bergonzi, R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico No.135 1995. 15 p. CERBAS, Centro Regional Buenos Aires Sur, INTA. EEA Balcarce.
- Fernandez Grecco, R.C., Sciotti, A. y Mazzanti, A. 1996. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la acumulación de forraje de *Thynopirum ponticum*. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol. 16 Sup. 1:223-224.
- Fernandez Grecco, R.C. y Mazzanti, A. 1998. Respuesta de un pastizal natural de la Pampa Deprimida a la fertilización nitrogenada. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol. 18:119.
- Fontanetto, H., Keller, O. y Vivas, H. 2004. Buscando la fertilización balanceada de pasturas en el área central de Santa Fe. En: Actas de Sistemas Ganaderos en Siembra Directa. 1º Simposio Nacional: Hacia una ganadería competitiva. AAPRESID. 48-59.
- Garcia, F.O. 2004. El rol del fósforo en la producción de pasturas de la región pampeana. Seminario Técnico Forrajes 2004. 93-102.
- González, M. P y Colabelli, M. 2001. Establecimiento de gramíneas forrajeras por siembra directa. Efecto de la fertilización nitrogenada. Rev. Prod. Anim. Vol. 21 Sup. 1. 24º Cong. Arg. de Prod. Animal.
- Jarvis, S.C. 1998. Chapter 7: Nitrogen management and sustainability. In: Grass for dairy cattle. Eds. J.H. Cherney and D.J.R. Cherney, CAB International. 161-191.
- Lattanzi, F.A. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de festucas de tipo templado y mediterráneo. Tesis Magister Scientiae. Programa de Postgrado en Ciencias Agrarias. Postgrado en Producción Animal. UI Balcarce.
- Marino, M.A. y Agnusdei, M. 2004. Claves para lograr pasturas productivas de alta calidad nutritiva para el ganado: Fertilización estratégica y manejo del pastoreo. Reunión Anual sobre Forrajeras "Producción de pasto de calidad". Pergamino, Buenos Aires. 16/11/04. En CD.
- Marino, M. A. y Berardo, A. 2000. Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. II – Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la respuesta a fósforo. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol 20 Nº 2:113-121.
- Marino, M.A., Berardo, A. y Agnusdei, M.G. 2003. Eficiencia de la fertilización nitrogenada invierno-primaveral en pasturas de cebadilla criolla y raigras anual. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 23 Supl.: 229-230. "26º Congreso Argentino de Producción Animal". Mendoza. Octubre 2003.
- Marino, M.A., Covacevich, F., Borrajo, C.I., Agnusdei, M. y Echeverría, H.E. 2000. Establecimiento de agropiro y festuca en el sudeste bonaerense - Argentina: efecto de dosis y fuente de fósforo. Reunión Latinoamericana de Producción Animal – Montevideo, Uruguay. Marzo 2000. CD-ROM Area Forrajeras 2000. dat.num.
- Mazzanti, A., Marino, M.A., Lattanzi, F., Echeverría, H.A. y Andrade, F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigras anual en el sudeste bonaerense. Boletín Técnico Nº 143. ISSN 0522-0548.SAGPyA, INTA CERBAS EEA Balcarce.
- Morón, A. 2000. Alfalfa: fertilidad de suelos y estado nutricional en sistemas agropecuarios de Uruguay. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Nº 8:1-6, Diciembre 2000.
- Quintero, C. E. y Boschetti, N.G. 2004. Fósforo en pasturas. En: Actas de Sistemas Ganaderos en Siembra Directa. 1º Simposio Nacional: Hacia una ganadería competitiva. 115-119.
- Racca, R.; Collino, D.; Dardanelli, J.; Basigalup, D.; González, N.; Brenzoni, E.; Hein, N. y M. Balzarini. 2001. Contribución de la fijación biológica de nitrógeno a la nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana. INTA.
- Rodríguez Palma, R.M., Mazzanti, A., Agnusdei, M.G y Fernández Grecco, R.C. 1999. Fertilización nitrogenada y productividad animal en pastizales bajo pastoreo continuo. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 19 Nº2: 301-310.
- Uribe, M. J. y Colabelli, M. 2003. Siembra directa de cuatro gramíneas forrajeras templadas bajo diferentes niveles de fertilización en otoño. Rev. Prod. Anim. Vol. 23 Sup. 1. 26º Cong. Arg. de Prod. Animal.
- Villanueva, D.L., Marino, M.A., Fernandez Grecco, R.C., Agnusdei, M.G. 2004. Producción invierno-primaveral de raigras anual: métodos de siembra y fertilización nitrogenada. "27º Congreso Argentino de Producción Animal". Tandil. Octubre 2004. En CD.
- West, C.P. and A.P. Mallarino. 1996. Nitrogen transfer from legumes to grasses. In: Proceeding of Symposium "Nutrient cycling in forage systems". Ed. Joost, R.E. and Roberts, C.A. Columbia, Missouri. p. 167-176. PPI-FAR.
- Whitehead, D. C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK.