

CAMBIOS EN PRODUCCION Y CALIDAD DEL FORRAJE OTOÑO-INVERNAL POR EL AGREGADO DE NITROGENO EN MATERIALES GENETICOS DE AGROPIRO

SI ALONSO, JA FERNANDEZ, CI BORRAJO, HE ECHEVERRIA

Unidad Integrada Fac. Cs. Agrarias, UNMdP - EEA INTA Balcarce. CC 276, (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina. E-mail: salonso@balcarce.inta.gov.ar

Recibido 27 de junio de 2000, aceptado 20 de octubre de 2000.

AUTUMN AND WINTER FORAGE PRODUCTION AND QUALITY CHANGES BY NITROGEN APPLICATIONS IN TALL WHEATGRASS GENETIC MATERIALS

Nitrogen applications increase spring tall wheatgrass production, but its effects on production and quality in other seasons, on different genetic materials are unknown for the SE of the Bs. As. province conditions. The objective of this work was to determine the effect of nitrogen applications on autumn and winter forage production and nutritive value, of six tall wheatgrass materials. Forage cuts were made in April, June and August, in treatments with (N100) or without (N0) nitrogen applications. *In vitro* digestibility (DIVMS), neutral detergent fiber (FDN), total nitrogen percentage (%N), dry matter production (MS), digestible dry matter (MS-Dig) and nitrogen absorption (N-Abs) were evaluated. Nitrogen applications increased tall wheatgrass MS in 60, 110 and 150% for April, June and August forage cuts, respectively. Same results were obtained for MS-Dig. Though the increase due to nitrogen application was higher for the winter forage cut, the greatest MS was obtained in the April cut. The nitrogen application increased the nutritive value. For N0 and N100, the DIVMS was 61,4 and 67,2%, the FDN 55,4 and 51,1%, and the %N 2,1 and 3,3 %, respectively. Phenotypic variability was detected among genetic materials for variables related to forage nutritive value, and it was expressed independently of nitrogen nutritional status. Present information is relevant to crop management and can provide guidelines for selecting germplasm in plant breeding programs, and enhance the positive effect of nitrogen on forage production and nutritive value.

Key words: Nitrogen nutrition - Forage production - Forage quality - Tall wheatgrass - Genetic materials.

INTRODUCCION

El agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* (Podp.) Barw. & Dewey = *Agropyron elongatum* (Host.) Beauv.) es una forrajera introducida que se caracteriza por su adaptación a condiciones climáticas y edáficas adversas, por lo cual en Argentina es cultivada en diferentes ambientes. En la pampa deprimida bonaerense, es la forrajera de mayor utilización en los suelos bajos, mal drenados, con alto contenido de sales, y baja fertilidad (Mazzanti *et al.* 1992; Fernández Grecco *et al.* 1996; Díaz Zorita 1997). Su desarrollo es promisorio en suelos arenosos, poco fértiles y/o degradados de las zonas semiáridas del oeste bonaerense, La Pampa y el sur de la Argentina (Gargano *et al.* 1988; San Martino, Milicevic 1995; Díaz Zorita *et al.* 1998). A pesar de la importancia que tiene esta forrajera, por su posibilidad de cultivo en

ambientes con limitaciones para el desarrollo de otras forrajeras, no se han realizado esfuerzos significativos en su mejoramiento (Mazzanti *et al.* 1992). Esta situación podría revertirse a través de la utilización de germoplasma adaptado a las variantes climáticas y edáficas de la región, como el naturalizado en diferentes ambientes y localidades bonaerenses, y para el que se ha encontrado variabilidad fenotípica para distintas características agronómicas (Borrajo *et al.* 1998).

En la actualidad el cultivar de agropiro de mayor utilización es «El Vizcachero INTA», el cual presenta alta tasa de crecimiento a fines de primavera y principios de verano y vegeta activamente en el otoño, sin embargo el crecimiento es poco activo en invierno, lo que determina una producción escasa a nula durante ese período (Mazzanti *et al.* 1992).

El valor nutritivo del forraje es intermedio a bajo dependiendo de la estación de crecimiento y del estado de desarrollo de la pastura. En Balcarce se observó que los mayores porcentajes de digestibilidad y de nitrógeno total del forraje, unidos a bajos contenidos de fibra, se registraban durante la etapa primaveral temprana, luego de la cual la calidad disminuía considerablemente (Gándara, Gómez 1987). Sin embargo, en Bahía Blanca Gargano *et al.* (1988), encontraron que la calidad del forraje de otoño del agropiro alargado selección Anguil, superaba a la de primavera, lo que fue adjudicado al avanzado estado fenológico.

El agregado de nitrógeno estimula el crecimiento invernal del forraje, anticipa la producción primaveral e incrementa la producción de materia seca en diferentes especies forrajeras (Whitehead 1995; Díaz Zorita 1997). La fertilización nitrogenada también puede afectar la calidad del forraje (Whitehead 1995), aunque los informes del efecto directo e indirecto del nitrógeno, sobre los atributos relacionados con el valor nutricional de las plantas, resultan contradictorios. En el sudeste bonaerense la fertilización nitrogenada en pasturas de agropiro ha posibilitado incrementar y anticipar el crecimiento de forraje de fin de invierno y principios de primavera (Fernández Grecco *et al.* 1996) y aumentar el contenido de nitrógeno del forraje producido durante las etapas vegetativa y de elongación de la caña (Borrajo 1998). Sin embargo, no se tienen referencias regionales sobre el efecto del agregado de nitrógeno en la producción y calidad del forraje de otoño e invierno.

La magnitud de la respuesta al agregado de nitrógeno depende de la especie involucrada, aunque también puede haber variaciones entre cultivares, o clones de una misma especie (Smith *et al.* 1994; Whitehead 1995). Disponer de germoplasma de agropiro alargado con respuestas diferenciales en producción y/o valor nutricional del forraje, posibilitaría la selección de los más adecuados para su posterior inclusión en la obtención de variedades. Se hipotetiza que al año de implantación, y sin deficiencias de fósforo, la fertilización nitrogenada incrementará la producción y la calidad del forraje de agropiro desde fin de verano a invierno, y que dicho efecto variará en función del material genético

utilizado. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del agregado de nitrógeno sobre la producción de materia seca y el valor nutritivo del forraje de otoño e invierno en diferentes materiales de agropiro alargado.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se inició en el verano de 1996/97 en un ensayo implantado durante el otoño de 1996 sobre un Paleudol Petrocálcico ubicado en la Unidad Integrada Balcarce (Fac. Cs. Agrarias, UNMDP y E.E.A. Balcarce, INTA (37°45' S, 58° 18' O). Al inicio de la presente experiencia el suelo presentaba las siguientes características: pH 5,6; fósforo disponible (Bray-Kurtz) 29 mg kg⁻¹; materia orgánica 60 g kg⁻¹; y 3,1 mg kg⁻¹ de nitrógeno bajo la forma de nitratos. Se consideró que el nivel de fósforo en el suelo no resultaría limitante para el desarrollo de la forrajera (Echeverría, García 1998), por lo cual no se agregó dicho nutriente.

El ensayo se estableció en base a un diseño en bloques completos al azar (BCA) en parcela dividida y tres repeticiones. La parcela principal correspondió al factor nitrógeno, con dos niveles, sin y con el agregado de nitrógeno (N0 y N100, respectivamente). El tratamiento N100 fue fertilizado con urea a razón de 160 kg N ha⁻¹ en el año de la implantación, y durante la presente experiencia, se le suministraron 100 kg N ha⁻¹ luego del corte de limpieza de febrero y de cada uno de los cortes de forraje realizados. En la subparcela se consideraron seis materiales genéticos de agropiro, uno de ellos formado por plantas derivadas del cultivar «El Vizcachero INTA» (Mat. C) y los otros cinco (Mat. A, J, M, P y V), derivados de plantas correspondientes a poblaciones de agropiro naturalizadas en la provincia de Buenos Aires, las que se hallaban conservadas en el Banco de Germoplasma de la EEA Balcarce, INTA. La unidad experimental abarcó una superficie de 1,12 m² y estaba conformada por 28 plantas implantadas con un distanciamiento de 20 cm entre plantas e hileras, las que al inicio de esta experiencia presentaban una cobertura similar a la de una pastura convencional de agropiro.

A partir de un corte inicial de limpieza realizado en febrero, se cosechó el forraje producido cada dos meses (F₁=4 de abril; F₂=5 de junio y F₃=4 de agosto) utilizando una tijera manual, excepto en el corte de junio en el que se utilizó una cortadora mecánica. El forraje obtenido se llevó a estufa a 60° C, durante un mínimo de 48 hs, a fin de determinar la producción de materia seca (MS, kg ha⁻¹), luego de lo cual fue molido en un molino Wiley con tamiz de malla de 1 mm. En cada muestra se estableció el contenido de nitrógeno total (%N, Nelson y Sommers 1986), la digestibilidad

Tabla 1. Temperatura media (T), heliofanía efectiva (H), precipitación (PP), evapotranspiración potencial (ETP), y del cultivo (ETC), coeficiente del cultivo (Kc), y balance hídrico (HB), para febrero-agosto de 1997.

Table 1. Mean temperature (T), daylight time (H), precipitation (PP), potential (ETP) and crop evapotranspiration (ETC), crop coefficient (Kc), and hydric balance (HB) for February - August of 1997.

Meses	T (°C)		H (hs)	PP (mm)	ETP (mm)	Kc	ETC (mm)	HB (PP-ETC)
	1997	Media 1989/98						
Febrero	18,3	19,5	231,0	119,4	139,2	0,8	111,36	8,04
Marzo	18,0	18,4	212,8	55,5	147,2	0,6	88,32	-32,8
Abril	15,6	14,8	142,7	57,1	128,2	0,55	70,51	-13,4
Mayo	13,7	11,8	128,7	45,5	118,9	0,6	71,34	-25,8
Junio	9,6	8,4	97,1	85,5	90,3	0,55	49,66	35,8
Julio	9,4	7,6	115,0	58,4	101,3	0,55	55,72	2,7
Agosto	9,8	9,7	130,4	58,9	113,6	0,6	68,16	-9,3

Registros aportados por la Estación Meteorológica de la E.E.A. Balcarce, INTA.

in vitro (DIVMS, Tilley y Terry 1963) y el porcentaje de fibra detergente neutro de la materia seca (FDN, Goering y Van Soest 1970). Posteriormente, se estimó la cantidad de nitrógeno absorbido por el forraje (N-Abs = kg MS ha⁻¹ x %N/100) y la producción de materia seca digestible (MS-Dig = kg MS ha⁻¹ x DIVMS/100). Se calculó el índice de nutrición nitrogenada (INN), como el cociente entre el nitrógeno determinado y el estimado por la curva de dilución crítica de nitrógeno construida según la siguiente ecuación: $N\% = 4,8 * (MS)^{-0,33}$ (Lemaire, Salette 1984). Se determinó la eficiencia agronómica aparente del nitrógeno aplicado (EAg en kg MS kg N⁻¹) como el producto de la recuperación aparente de nitrógeno (RAp) y la eficiencia de utilización (EUt). La RAp se calculó como el cociente entre la diferencia en N-Abs en

entre N100 y N0, y la cantidad de nitrógeno aplicado como fertilizante (kg N kg N⁻¹). La EUt se calculó como el cociente entre la diferencia en producción de MS entre N100 y N0, y la diferencia en N-Abs entre N100 y N0 (kg MS kg N-Abs⁻¹).

Los registros de los tres cortes se analizaron en forma conjunta a través de un análisis de la varianza, para lo cual se consideró un diseño en BCA en parcela sub-subdividida en el que el factor corte correspondió a la parcela principal, el factor nitrógeno a la subparcela y los materiales a la sub-subparcela. La comparación entre medias de tratamientos se estableció en base a la prueba de comparaciones múltiples de Duncan para un nivel de $\alpha = 0,05$, y la relación entre variables a través de análisis de correlación.

Tabla 2. Valor de probabilidad (P) y coeficiente de variación para producción de materia seca (MS), digestibilidad *in vitro* (DIVMS), materia seca digestible (MS-Dig), fibra detergente neutro (FDN), contenido de nitrógeno (%N) y N absorbido (N-Abs), en seis materiales de agropiro.

Table 2. Probability value (P) and variation coefficient. for dry matter production (MS), *in vitro* digestibility (DIVMS), digestible dry matter (MS-Dig), neutral detergent fiber (FDN), nitrogen percentage (%N), and nitrogen absorbed (N-Abs) on six tall wheatgrass materials.

F. Variación	MS	DIVMS	MS-Dig	FDN	% N	N-Abs
Cortes (C)	0,0005	0,0001	0,0007	0,0001	0,0001	0,002
Nitrógeno (N)	0,0001	0,02	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001
Int(C x N)	0,016	0,18	0,009	0,04	0,006	0,002
Material (Mat)	0,20	0,008	0,12	0,01	0,01	0,05
Int (C x Mat)	0,85	0,43	0,77	0,59	0,94	0,92
Int (N x Mat)	0,27	0,06	0,16	0,80	0,54	0,12
Int (C x N x Mat)	0,85	0,21	0,77	0,17	0,84	0,90
Coef. Var. (%)	24,3	4,64	24,3	3,45	6,15	26,2

RESULTADOS Y DISCUSION

Las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del cultivo se reseñan en la Tabla 1, en la que se observa que las temperaturas medias resultaron levemente superiores al promedio para la zona, especialmente en invierno, y que las precipitaciones resultaron escasas en otoño provocando un ligero déficit hídrico de marzo a mayo.

La interacción triple no resultó significativa para ninguna de las variables, como tampoco las interacciones dobles en las que intervino el factor material (Tabla 2). La interacción entre cortes y dosis de nitrógeno fue significativa para producción de materia seca (Figura 1), mientras que no se detectaron efectos de materiales. En ambos tratamientos se observó una disminución desde el otoño al invierno, la cual resultó de diferente magnitud entre cortes. En el tratamiento N100 la producción de MS de los cortes de junio y agosto sólo alcanzó al 33 y al 25% de la obtenida en abril, respectivamente. La declinación resultó aún mayor en el tratamiento N0, ya que en los últimos cortes se registró sólo un 25 y un 16% del rendimiento obtenido en el primero. La disminución en la producción de forraje observada, está de acuerdo con el comportamiento general de la especie en la zona (Mazzanti *et al.* 1992).

En los tres cortes la producción de forraje del tratamiento N100 fue mayor que la del testigo, pero de diferente magnitud. A prin-

cipios de otoño el agregado de nitrógeno incrementó la producción de MS en un 60%, mientras que en los cortes de junio y agosto, el forraje producido aumentó 110 y 150%, respectivamente (Figura 1). En base a lo expresado, las tasas de crecimiento de forraje desde el primer al tercer corte fueron de 135, 45 y 34 kg ha⁻¹día⁻¹ para N100, y de 84, 21 y 16 kg ha⁻¹día⁻¹ para N0, respectivamente.

En pasturas de agropiro implantadas en Balcarce, en un suelo Natracuol de pH 9,1, el suministro de nitrógeno provocó incrementos en la tasa de crecimiento diario primaveral (Fernández Grecco *et al.* 1996). Estos autores reportaron una producción promedio de 58,8 y 96,6 kg MS ha⁻¹día⁻¹ ante el agregado de 0 y 100 kg N ha⁻¹, respectivamente, mientras que en la presente experiencia, se registraron tasas de 40,4 kg MS ha⁻¹día⁻¹ para N0, y de 71,3 kg MS ha⁻¹día⁻¹ para N100. Estas menores tasas se deberían a que corresponden al momento de menor crecimiento de la especie, sin embargo, las diferencias no son amplias, lo cual podría deberse a la mayor aptitud del suelo utilizado en esta experiencia. Ambos trabajos coinciden en que el agregado de nitrógeno incrementa la producción de MS de agropiro, lo que en el caso de esta experiencia resulta relevante por tratarse de la etapa de menor producción de las pasturas.

La DIVMS difirió tanto entre cortes como entre niveles de fertilización y entre materiales (Tabla 2). Entre muestreos la

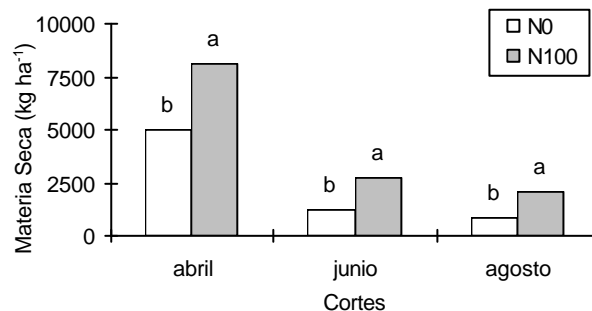


Figura 1. Producción de materia seca (MS) promedio de materiales de agropiro, en cortes de otoño e invierno, con (N100) y sin (N0) agregado de nitrógeno. Letras diferentes dentro de corte indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 1. Mean dry matter production (MS) of tall wheatgrass materials in autumn and winter cuts, with (N100) and without (N0) nitrogen applications. Different letters within cut indicate significant differences ($P < 0,05$).

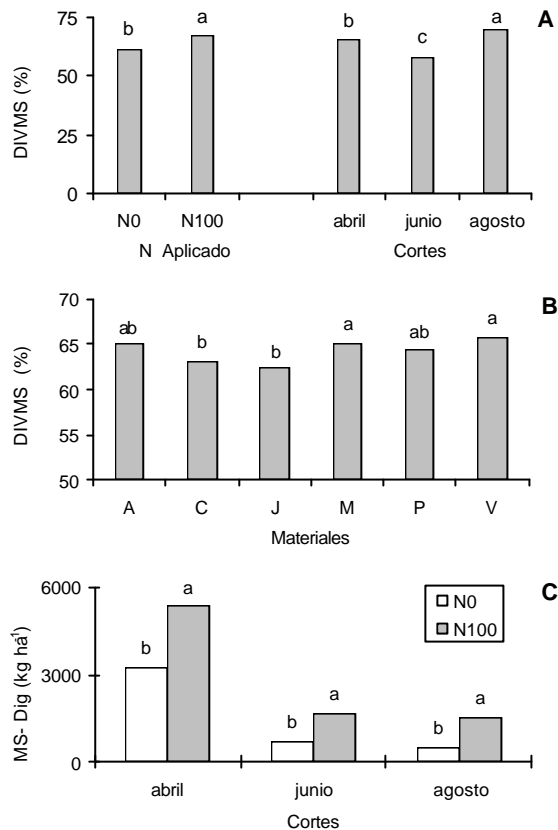


Figura 2. A) Digestibilidad *in vitro* (DIVMS) promedio de materiales de agropiro por nivel de nitrógeno y por corte, B) diferencias en DIVMS entre materiales genéticos, C) materia seca digestible (MS-Dig) promedio, en cortes de forraje otoño-invernales, con (N100) y sin (N0) agregado de nitrógeno. Letras diferentes dentro de corte y entre materiales, indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 2. A) Mean *in vitro* digestibility (DIVMS) of tall wheatgrass materials, by nitrogen level and cut, B) DIVMS differences among genetic materials, and C) mean digestible dry matter (MS-Dig), in autumn and winter cuts, with (N100) and without (N0) nitrogen applications. Different letters within cut or among materials indicate significantly differences ($P < 0,05$).

DIVMS del forraje obtuvo el mayor registro en invierno (Figura 2A). Esto último sería consecuencia de la asociación negativa entre temperatura y digestibilidad descripta para gramíneas forrajeras (Hacker, Minson 1981). Sin embargo, no explicaría los menores registros de DIVMS del corte de junio, lo que probablemente se relacione con una mayor contaminación del forraje con partículas de suelo, provocada por el empleo de una cortadora mecánica en la cosecha de ese período. La DIVMS promedio del forraje del testigo fue un 6% menor que la del tratamiento N100 (Figura 2A). El efecto de la fertilización nitrogenada sobre la digestibilidad suele ser pequeño, del orden de 0,6 a 4 unidades por-

centuales, pero usualmente positivo (Hacker, Minson 1981), lo que coincide con lo observado en agropiro por Gargano *et al.* (1988) y con lo establecido en este trabajo.

En relación a los materiales se determinó que la mayor DIVMS correspondió a M y V y la menor a C y J (Figura 2B). Las diferencias intraespecíficas en DIVMS suelen ser de escasa magnitud, especialmente en materiales emparentados. Al comparar líneas derivadas del cultivar Tyrrel con otros cultivares de agropiro alargado, Smith *et al.* (1994) sólo detectaron diferencias entre materiales de diferente origen, del orden del 1,6%. En esta experiencia las diferencias resultaron mayores, alcanzando un 3,3%, entre los materiales

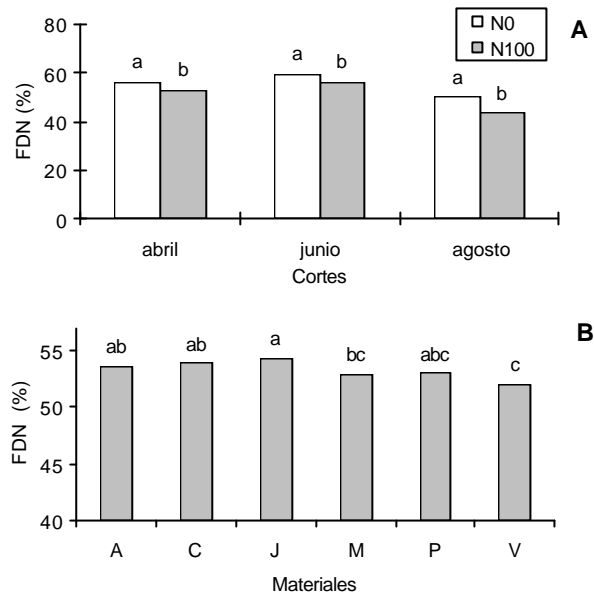


Figura 3. A) fibra detergente neutro (FDN) promedio de materiales de agropiro, en cortes de forraje de otoño invierno, con (N100) y sin (N0) agregado de nitrógeno. y B) FDN en diferentes materiales. Letras diferentes dentro de corte y entre materiales, indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 3. A) mean of neutral detergent fiber (FDN) of tall wheatgrass materials, in autumn and winter cuts, with (N100) and without (N0) nitrogen applications, and B) FDN of different materials. Different letters within cut and among materials indicate significantly differences ($P < 0,05$).

con registros extremos (J y V). Si bien se trata de diferencias de escasa magnitud, resultaron consistentes a lo largo de los muestreos vegetativos de otoño e invierno, y coincidentes con lo hallado en la etapa de floración por Borrajo (1998).

Al considerar la MS-Dig se detectó interacción significativa entre cortes y nivel de nitrógeno (Tabla 2 y Figura 2C), la cual presentó la misma tendencia que fuera observada para producción de MS. Las diferencias entre N100 y N0 fueron de 67, 138 y 185% para F_1 , F_2 y F_3 , respectivamente, incrementos que resultaron superiores a los detectados en producción de MS y que se explicarían por el efecto positivo que produjo el agregado de nitrógeno sobre la digestibilidad del forraje. De lo anterior surge que la fertilización nitrogenada en agropiro no sólo contribuyó a incrementar la producción de forraje en sí misma, sino que proporcionó mayor proporción de forraje digestible.

El ANVA para FDN indicó interacción significativa entre cortes y dosis de nitrógeno, y diferencias entre materiales genéticos (Tabla 2). Las plantas del tratamiento N100

presentaron menor contenido de FDN que las del tratamiento N0 en todos los muestreos, pero la disminución en FDN de los tratamientos N100 fue del 5 al 6% en los cortes de otoño, y del 13% en invierno (Figura 3A). En cultivos con carencia de nitrógeno, las láminas acumulan carbohidratos solubles y eventualmente almidón, aumentando el contenido de celulosa y lignina, compuestos que provocan el engrosamiento de las paredes celulares (Gastal, Saugier 1986), y en consecuencia, el incremento en el contenido de FDN y la disminución de la digestibilidad. Las diferencias en el contenido de FDN entre tratamientos están en concordancia con lo mencionado en la bibliografía, en relación a la dirección de la respuesta que provoca el nitrógeno sobre la acumulación de FDN, y en magnitud, son similares a las observados en DIVMS. Sin embargo difieren en la dirección de la respuesta, dada la correlación inversa que mantienen estas variables, y que en este trabajo resultó altamente significativa ($r = -0,81$). La variación en el contenido de FDN entre materiales también fue escasa, a pesar de lo cual se verificaron diferencias significativas entre ellos

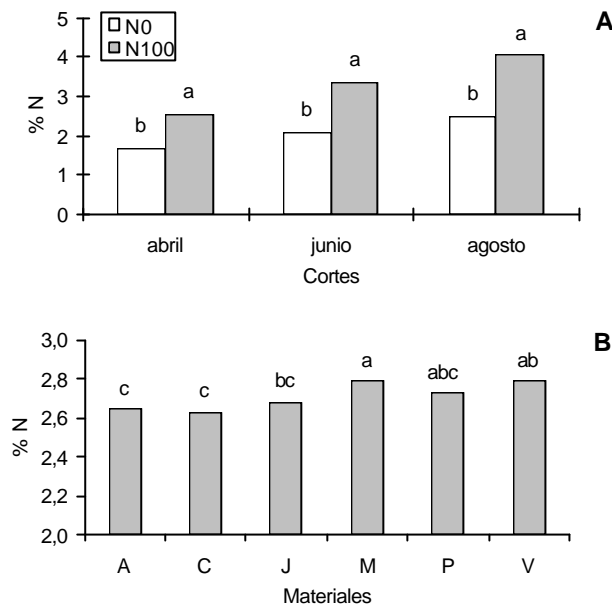


Figura 4. A) contenido de nitrógeno total (%N) promedio de materiales de agropiro, en cortes de otoño e invierno, con (N100) y sin (N0) agregado de nitrógeno, y B) %N de diferentes materiales. Letras diferentes dentro de corte y entre materiales indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Figure 4. A) mean of nitrogen contents (%N) of tall wheatgrass materials, in autumn and winter cuts, with (N100) and without (N0) nitrogen applications, and B) %N of different materials. Different letters within cut and among materials indicate significantly differences ($P < 0,05$).

(Figura 3B), similares a las encontradas por Borrajo (1998), pero para el estadio reproductivo. Ambos estudios coinciden en señalar a los materiales V y P como los de menor contenido de FDN, y a J y C como los de mayor porcentaje.

El % N osciló entre 1,7 y 4% en función de la combinación de los factores corte y dosis de nitrógeno, y también varió entre materiales (Tabla 2). El forraje de las plantas fertilizadas presentó mayor % N que el de las N0, independientemente del corte, por lo que la interacción fue originada por el cambio en la magnitud de las diferencias entre tratamientos (Figura 4A). Dichas diferencias resultaron del orden del 53, 59 y 62 % desde el primer al tercer corte respectivamente. En el promedio entre cortes, el testigo presentó 2,1 %N en el forraje, mientras que en el tratamiento N100 se registró un % N promedio de 3,3. Resultados similares, han sido mencionados en agropiro (Gándara, Gómez 1987; Gargano *et al.* 1988; Borrajo 1998), aunque las diferencias a favor del tratamiento fertilizado resultaron más acentuadas en la presente experiencia, probablemente debido al empleo de

mayor dosis de fertilizante, y a la época de producción considerada.

El % N del forraje aumentó desde el primer al tercer corte, independientemente de la aplicación de nitrógeno. Diferencias en el %N en el forraje de agropiro entre muestreos de las etapas vegetativa y de floración, han sido atribuidas al incremento en la madurez de los tejidos (Borrajo 1998). En el presente trabajo la variación en el % N del forraje no se debería a cambios en madurez, dado que los tres cortes corresponden al mismo estadio de desarrollo, sino que estaría asociada al grado de dilución del nitrógeno absorbido en la masa vegetal producida en cada corte (Lemaire, Salette 1984). De ésta forma, la mayor dilución del nitrógeno se habría presentado a principios del otoño, época en que se registró el mayor crecimiento vegetal, y la menor en el corte de invierno.

La utilización de la curva de dilución de referencia, obtenida para condiciones no limitantes (Lemaire, Salette 1984), permite determinar el INN para los distintos tratamientos (Figura 5). Los registros de los tratamientos N100 se situaron sobre la curva o muy

próximos a ella, y en contraposición, los tratamientos N0 se ubicaron por debajo de la curva, y presentaron INN de 0,60, 0,47 y 0,48 para los cortes F_1 , F_2 y F_3 respectivamente. Ello indica que el aporte de 100 kg N ha^{-1} luego de cada corte, permitió que las plantas se desarrollaran a la máxima tasa de crecimiento del cultivo, mientras que las no fertilizadas lo hicieron en condiciones de estrés nutricional.

El %N también difirió entre materiales genéticos (Figura 4B). Debido a que los materiales no difirieron en producción de MS (Tabla 2), las diferencias observadas en el contenido de nitrógeno del forraje no se deberían al efecto de dilución antes mencionado, sino que corresponderían a variaciones genéticas. Estas diferencias concuerdan con las halladas en un ensayo previo al analizar el forraje producido en la etapa de floración, en el que se estableció que el contenido de nitrógeno de los materiales A y C era significativamente menor que el presentado por V (Borrajó 1998). Al estimar el INN de cada material, se obtuvieron valores de 0,51, 0,50, 0,52, 0,53, 0,53 y 0,53, para A, C, J, M, P y V, respectivamente, los que se relacionan estrechamente con los registros de %N del forraje de cada uno de ellos. Estas diferencias, si bien son pequeñas, confirmarían la existencia de variación genética entre materiales, en su capacidad para acumular nitrógeno.

Los materiales también difirieron entre sí en la cantidad de N-Abs por el forraje, sien-

do de $24,3 \text{ kg}$, la diferencia entre los materiales extremos (Figura 6A). Si bien las diferencias en producción de MS no llegaron a ser significativas entre materiales, al considerarlas conjuntamente con las diferencias halladas en %N, determinaron que cuatro de ellos se destacaran por una mayor absorción de nitrógeno del suelo, independiente del nivel de fertilización aplicado.

En todos los cortes, el N-Abs de las parcelas N100 fue superior al de los testigos (Figura 6B), sin embargo la relación N100/N0 del corte de abril resultó aproximadamente el doble de la de los otros dos, lo que determinó que la interacción corte por nivel de nitrógeno, fuese significativa (Tabla 2). En las dos últimas cosechas, la RAP fue de 0,63 %, lo que concuerda con lo establecido para forrajeras en general (Whitehead 1995), pero para F_1 fue de 1,23%, lo que no resulta biológicamente factible y se podría explicar en base a la residualidad del nitrógeno aplicado en 1996. Teniendo en cuenta lo anterior, y considerando una RAP similar en los tres cortes (0,63%), la EAg del F_1 sería de $15,6 \text{ kg MS kg N}^{-1}$, mientras que para F_2 y F_3 fue de $14,4$ y $12,6 \text{ kg MS kg N}^{-1}$, respectivamente. Estos registros resultan ligeramente inferiores a los reportados en otras gramíneas forrajeras para el promedio del ciclo de crecimiento (Whitehead 1995), lo que podría ser debido a que en este trabajo sólo se está considerando el período otoño-invernal. En cuanto

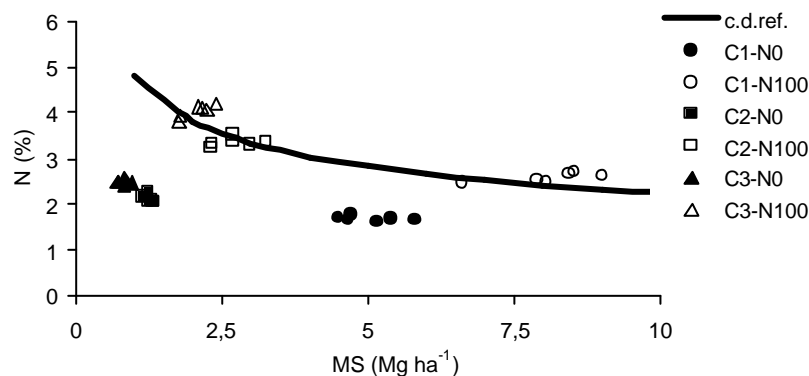


Figura 5. Contenido de nitrógeno en el forraje (%N) en función de la MS, en tres cortes (F_1 , F_2 y F_3), con (N100) y sin (N0) agregado de nitrógeno, comparado con la curva de dilución de referencia (c.d.ref: $Y = 4,8 * (MS)^{-0,33}$) de Lemaire, Salette (1984).

Figure 5. Nitrogen content of forage (%N), as a function of dry matter, for three cuts (F_1 , F_2 y F_3), with (N100) and without (N0) nitrogen applications, compare with the reference dilution curve (c.d.ref: $Y = 4,8 * (MS)^{-0,33}$) of Lemaire, Salette (1984).

a la EUt, también disminuyó desde F₁ a F₃, con valores de 24,7, 22,7 y 20 kg MS kg N-Abs⁻¹, respectivamente, lo que establecería que las condiciones climáticas que determinaron mayor producción de MS en la etapa otoñal, también resultaron más favorables que las invernales, desde el punto de vista de la EUt y de la EAg del nitrógeno aplicado.

En la provincia de Buenos Aires, el período otoño-invernal se caracteriza por una baja producción forrajera en general, problema que se agudiza en los ambientes en que imperan restricciones para el desarrollo de las plantas por causas climáticas o edáficas, como suele ocurrir en aquellos en los que se cultiva agropiro. Las aplicaciones de nitrógeno en otoño e invierno incrementaron considerablemente la producción de forraje en agropiro, sin embargo el mayor aumento se verificó durante el otoño, período en que se determinó la mayor EUt y EAg. La mayor producción de MS y MS-Dig de ésta forrajera en otoño e invierno, como consecuencia de la aplicación de nitrógeno, incrementaría la oferta de fo-

rraje durante ese período, extendería la etapa de aprovechamiento otoñal y aumentaría la cantidad de MS a ser diferida al invierno, lo cual contribuiría a disminuir la necesidad de suministrar reservas forrajeras.

El agregado de nitrógeno también provocó un efecto positivo sobre el valor nutritivo del forraje, al incrementar la DIVMS y el %N, y disminuir la proporción de FDN del mismo. De esta forma la fertilización nitrogenada de agropiro en el período otoño invernal ejercería un doble impacto sobre la producción ganadera, al posibilitar la obtención de forraje en mayor proporción y de mejor valor nutritivo.

En esta experiencia, la evaluación de diferentes materiales genéticos permitió comprobar la existencia de variabilidad fenotípica, en caracteres relacionados con la calidad del forraje. En función de los registros en DIVMS, FDN y %N del forraje, algunos de ellos resultarían más promisorios para la obtención de variedades de mejor valor nutritivo otoño-invernal. Además, la mejora en base a éstas ca-

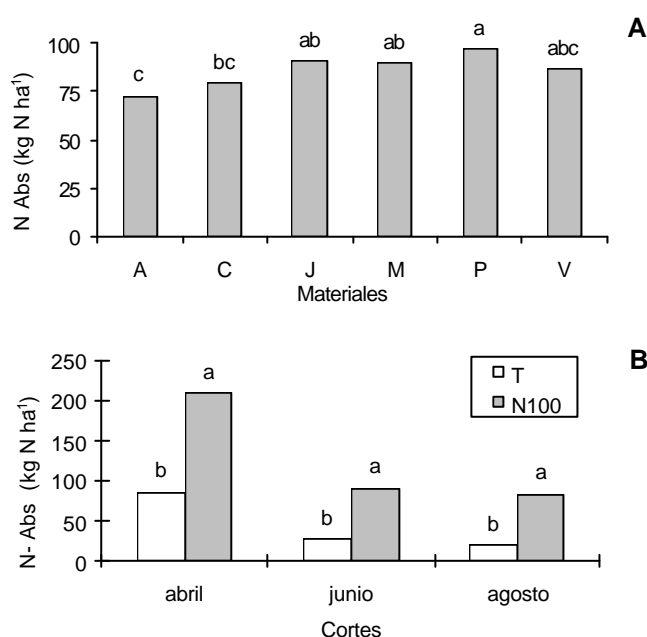


Figura 6. A) nitrógeno absorbido (N-Abs) por el forraje en diferentes materiales de agropiro y B) N-Abs promedio de diferentes materiales, en cortes de otoño e invierno, con (N100) y sin (N0) agregado de nitrógeno. Letras diferentes entre materiales, y dentro de corte, indican diferencias significativas (P<0,05).
 Figure 6. A) nitrogen absorbed (N-Abs) by forage in different tall wheatgrass materials, and B) mean N-Abs, in autumn and winter cuts, with (N100) and without (N0) nitrogen applications. Different letters within cut and among materials indicate significantly differences (P<0,05).

racterísticas no resultaría en desmedro de la producción de forraje de otoño e invierno, y se expresaría aún en ambientes con carencia de nitrógeno. Esta información, sumada a la aportada en experiencias previas, en las que se encontró variabilidad para otros atributos morfológicos y agronómicos (Borrajo 1998; Borrajo *et al.* 1997, 1998), contribuirá a la selección de materiales para ser empleados en planes de mejoramiento.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo fue subsidiado por la Universidad Nacional de Mar del Plata (15/A092), el INTA (PIE 53000005) y la SECyT (PICT 97:08-00089).

REFERENCIAS

- Borrajo C I. 1998. Generación y expansión de los órganos foliares de agropiro alargado en función del material genético y la disponibilidad de nitrógeno. Tesis MSc. Facultad de Ciencias Agrarias. Univ. Nac. Mar del Plata. Balcarce, Buenos Aires. 75p.
- Borrajo C I, Alonso S I, Mazzanti A, Monterubbianesi G. 1998. Caracterización de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado. 2. Macollaje y caracteres reproductivos. *Rev. Arg. Prod. Animal* 18: 183-192.
- Díaz Zorita M. 1997. Forrajeras. Pasturas mixtas templadas. En: Melgar R, Díaz Zorita M (eds). La fertilización de cultivos y pasturas. Ed. Hemisferio Sur. S.A. 259 p.
- Díaz Zorita M, Peralta O, Grosso G. 1998. Fertilización nitrogenada y producción de forraje de pasturas de agropiro en el noroeste bonaerense. *Rev. Arg. Prod. Animal* 18, Supl. 1: 98-99.
- Echeverría H E, García F O. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. *Boletín Técnico* 149. Est. Exp. Agrop. INTA Balcarce. 18 p.
- Fernández Grecco R C, Sciotti A, Mazzanti A. 1996. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la acumulación de forraje de *Thinopyrum ponticum*. *Rev. Arg. Prod. Animal* 16, Supl. 1: 223-224.
- Gándara F R, Gómez P O. 1987. El agropiro (*Agropyron elongatum*) como recurso forrajero invernal, bajo distintas condiciones de manejo. V. Valor alimenticio invernal de dos pasturas de agropiro diferidas de otoño. *Rev. Arg. Prod. Animal* 7: 147-161.
- Gargano A O, Arduriz M A, Laborde H E. 1988. Evaluación de cuatro gramíneas templadas perennes. 2. Digestibilidad *in vitro* y proteína bruta. *Rev. Arg. Prod. Animal* 8: 385-395
- Gastal F, Saugier B. 1986. Alimentation azotée et croissance de la fétuque élevée. I. Assimilation du carbone et repartition entre organes. *Agronomie* 6: 157-166.
- Goering H K, Van Soest J P. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagent, procedures and some applications). *Agric. Handbook, USDA*. 379 p.
- Hacker J B, Minson D C. 1981. The digestibility of plant parts. *Herbage Abs.* 51: 459-482.
- Lemaire G, Salette J. 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I Etude de l'effet du milieu. *Agronomie* 4: 423-430.
- Mazzanti A, Castaño J, Sevilla G H, Orbea J R. 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la provincia de Buenos Aires. Manual de descripción. INTA, CERBAS. pp.32-33.
- Nelson D W, Sommers L E. 1986. Determination of total nitrogen in plant material. *Agron, J.* 65: 109-112.
- San Martino L, Milicevich C M. 1995. Agropiro alargado: intensidad y frecuencia de corte en Santa Cruz. *Rev. Arg. Prod. Animal* 15 Suplemento I: 238-241.
- Smith K F, Lee C K, Borg P T, Flinn P C. 1994. Yield, nutritive value, and phenotypic variability of tall wheatgrass grown in a nonsaline environment. *Aust. J. Exp. Agric.* 34: 609-614.
- Tilley J M, Terry J M A. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grass. Soc.* 18: 104-111.
- Whitehead D C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International. Wallingford, UK. 397 p.