

Fertilización nitrogenada en *Festuca arundinacea* Schreb. para producción de semilla con riego en el norte de Buenos Aires, Argentina

BAZZIGALUPI¹, O.; BERTÍN, O.D.

RESUMEN

La festuca alta es la gramínea forrajera perenne más sembrada y de la que se produce más semilla fiscalizada en la Argentina. Las recomendaciones de fertilización con nitrógeno (N) no se basan en diagnósticos objetivos lo cual provoca pérdidas de rentabilidad e incrementa los riesgos ambientales. Se realizó un experimento, durante dos años, para evaluar los efectos de la dosis de N (0 -testigo-, 75, 150, 225 y 300 kg.ha⁻¹) y la forma de aplicación de fines de invierno, entera o dividida, sobre el rendimiento y la calidad de semilla de festuca alta (cv Luján INTA). Este se sembró el 4 de abril de 2010 en un suelo Argiudol típico, franco limoso serie Pergamino. Se aplicó regulador de crecimiento y fungicida en dosis de marbete y 100 mm.año⁻¹ de riego complementario. La cosecha fue manual y se realizó cuando la semilla alcanzó el 48-49% de humedad. El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados (n=4), con arreglo factorial de los tratamientos. Los datos se analizaron por ANVA y las comparación de medias de tratamientos por la prueba de diferencias mínimas significativas ($\alpha=5\%$). La relación entre el rendimiento de semilla y la dosis de N se determinó mediante el cálculo de los estimadores de los parámetros del modelo por el procedimiento NLIN del SAS. La dosis óptima económica fue obtenida mediante la herramienta CNRT, que estima por media ponderada de R² de cinco modelos de respuesta. El número de panojas, el peso de 1.000 semillas, el porcentaje de germinación y el rendimiento fueron afectados significativamente por las dosis de N. La respuesta de rendimiento ajustó al modelo "lineal-plateau" ($y=643,5 + 10,36X - 0,063X^2$; $p<0,001$), con valores de 82,3 kg N.ha⁻¹ y 1.070 kg.ha⁻¹ de semilla para el punto de inflexión. La dosis óptima económica fue 73 kg N.ha⁻¹. Con la tecnología empleada en este experimento, sin N, se lograron rendimientos de semilla pura de ≈ 600 kg.ha⁻¹, que fueron elevados por el agregado de N hasta 66%. Si se mantiene la relación histórica entre el precio de la semilla y el costo del nitrógeno, la fertilización con N es una práctica rentable.

Palabras claves: festuca alta, panojas, rendimiento, nitrógeno.

ABSTRACT

Tall fescue is the perennial forage species most used in the humid Pampa and, also, the species with the highest certified seed production in Argentina. Because of the recommended N fertilization does not rely on objective diagnostic tools, loss of profitability and increasing risks of environmental damage would be evident. An experiment was conducted during two years, to evaluate the effects of N dose (0 - control-, 75, 150, 225 and

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino.
Correo electrónico: obazzigalupi@pergamino.inta.gov.ar

300 kg.ha⁻¹) and the form of fertilizer application (complete or split) on the yield and quality of tall fescue seed (cv Lujan INTA). The experiment was established on April 4th of 2010 on a typical Argiudol soil. Plant growth regulator and fungicide were applied at standard doses as well as 100 mm.year⁻¹ of supplementary irrigation. The harvest was done by hand when seed had 48-49% of moisture. A complete randomized block design (r=4) was used, with a factorial arrangement of the treatments. The data were statistical analyzed by the ANOVA Procedure of SAS and treatments means were compared with the LSD test ($\alpha=5\%$). The relationship between seed yield and N doses was analyzed by computing the parameters estimates with the NLIN procedure of SAS. N doses significantly affected the number of panicles, the weight of 1,000 seeds, the germination percentage and the seed yield. The yield response to N doses was adjusted to a "linear plateau" model ($y = 643.5 + 10.36X - 0.063X^2$; $p < 0.001$), with values of 82.3 kg N.ha⁻¹ and 1,070 kg seed.ha⁻¹ for the inflection point. The optimal economic dose was 73 kg N ha⁻¹. With the technology used in this experiment, without N fertilization, yield was approximately 600 kg ha⁻¹ of pure seed. With N fertilization, seed yield increased by 66%. According to the historical price relationship between seed and N fertilizer, the N fertilization in tall fescue for seed production is a profitable agronomic practice.

Keywords: *Festuca arundinacea*, panicles, seed yield, nitrogen

INTRODUCCIÓN

La festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) es la gramínea forrajera perenne más sembrada y de la que se produce más semilla fiscalizada en Argentina (INASE, 2013). La intensificación de los sistemas agrícola-ganaderos de la región pampeana ha originado que la producción de semilla de festuca alta se realice en suelos marginales para altos rendimientos agrícolas o en sistemas integrados utilizando los tiempos e infraestructura que le dejan los cultivos agrícolas. En esta segunda opción el riego aparece como una alternativa a ser usada en otoño-invierno-principios de primavera, cuando el equipamiento no se usa para maíz o soja.

La producción intensiva de semillas de gramíneas forrajeras incluye la incorporación del riego, la fertilización y el uso de fungicidas y reguladores de crecimiento. En algunas gramíneas perennes el principal componente de rendimiento de semilla es el número de macollos fértiles y esta variable es afectada por el nitrógeno (N) y la disponibilidad de agua (Hebblethwaite y Mc Laren, 1979). Cuando la retención de humedad del suelo o la distribución de lluvias son deficientes, el riego suplementario es necesario para lograr altos rendimientos de semilla de festuca alta (Rolston y Young, 2009; Huettig *et al.*, 2013). El N es el nutriente más importante para la producción de semilla de festuca alta (Hampton, 1988; Hare y Rolston, 1990), por esta razón, en modelos intensificados la fertilización nitrogenada es una práctica frecuente. Sin embargo, su aplicación no se basa en determinaciones objetivas de análisis de suelo o planta, ni en modelos de respuesta. Esta deficiencia resulta en aplicaciones no ajustadas a las necesidades del cultivo. Con dosis subóptimas se pierde potencial de rendimiento y el exceso ocasiona ineficiencias y pérdida de N por lavado, con el consecuente perjuicio económico y ambiental (Rowart, 1998; Gislum *et al.*, 2007). Los elementos de diagnóstico para definir las dosis de fertilización tales como análisis de N en suelo, no han sido exitosos en todos los ambientes como herramienta para ajustar dosis. Las mediciones de N

en planta son adecuadas pero costosas y demandantes de tiempo, lo cual dificulta su adopción a nivel productivo (Hart *et al.*, 2007). Recientemente los trabajos se han orientado hacia la búsqueda de parámetros indirectos. La relación entre el consumo total de N del cultivo (CNC según siglas en inglés, curvas críticas de dilución de N) y el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI, según sus siglas en inglés), es un método que ha presentado buenos ajustes (Flowers *et al.*, 2010). Sin embargo, estos modelos no han sido validados localmente para determinar las necesidades de fertilización y requieren de mayores investigaciones (Chynoweth *et al.*, 2010).

Para lograr óptimos rendimientos de semilla de festuca alta el requerimiento estimado de N es de 160 kg.ha⁻¹, de los cuales tres cuartas partes se acumulan en la parte aérea y el resto en las raíces (Casals, 2010). Ensayos realizados en Francia muestran que los principales requerimientos para ese ambiente se producen en la primavera, sin diferencia entre tipos de festuca alta y años de cosecha (Casals, 2010).

De la totalidad del fertilizante nitrogenado, un tercio debería ser aplicado en otoño temprano para estimular el macollaje (Serrano *et al.*, 1991). La aplicación de otoño no sería necesaria cuando la población de macollos es adecuada. Sin embargo, la respuesta a la aplicación de otoño es variable con las especies. No hay respuestas en aquellas de floración tardía, como raigrás perenne, pero sí en las tempranas como festuca alta (Rolston *et al.*, 1985). El N es necesario antes de la elongación del tallo (Hare y Rolston, 1990) y en el norte de Buenos Aires, para festuca alta eso ocurre a fines de invierno (agosto-septiembre). En esta región, la mayor eficiencia se logró con aplicaciones divididas entre otoño y fines de invierno (Bazzigalupi *et al.* 1986; Bertín y Bazzigalupi, 1993). Existen otros trabajos que sugieren la posibilidad de lograr mejoras de rendimiento, por aumento del peso de mil semillas (P1000), con aplicaciones divididas a partir del inicio del período reproductivo (Rolston *et al.*, 1985).

Numerosos trabajos sobre respuestas en rendimiento de semilla a la dosis de N ajustaron modelos cuadráticos, con máximos variables según sitios experimentales, especie gramínea, cultivar y sistema productivo (Rolston y Young, 2009; Casals, 2010).

Se plantea la hipótesis de que en modelos intensificados, los cultivos de festuca alta tienen respuestas de rendimiento y calidad de semilla adecuadas, con aplicaciones de nitrógeno inferiores a los de máxima respuesta física, con lo cual se pueden lograr óptimos beneficios económicos y ambientales.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la dosis de N y de la forma de aplicación (entera o dividida) sobre el rendimiento y la calidad de semilla de festuca alta y estimar la dosis óptima económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en el campo experimental de la Empresa Barenbrug – Palaversich S.A., ubicado en el partido de Pergamino, provincia de Buenos Aires, Argentina (33° 57' S, 60° 36' O y 76 m snm), sobre un suelo Argiudol típico (franco-limoso), serie Pergamino, capacidad de uso I; clima templado húmedo, temperatura media anual de 16,5 °C y lluvias medias de 975 mm.año⁻¹.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con arreglo en parcela dividida donde la parcela principal fue momento de aplicación y la sub-parcela las dosis de N, con cuatro repeticiones. Los datos fueron analizados con ANVA y comparación de medias de tratamientos por diferencias mínimas significativas (DMS, $\alpha = 5\%$) y cálculo de estimadores mínimos cuadráticos de los parámetros del modelo mediante el procedimiento NLIN de SAS (2002).

Como tratamientos se emplearon cinco dosis de N (0, 75, 150, 225 y 300 kg.ha⁻¹) en dos formas de aplicación, entera y dividida. La entera coincidió con la segunda aplicación de la dividida. En 2010, las fechas fueron 17/08 (estado de doble arruga) y 7/09. En el segundo año las fechas fueron 5/08 y 1/09. Cada unidad experimental fue de quince surcos de 5 metros de largo.

La siembra se realizó el 30 de abril de 2010, con semilla de festuca alta tipo norte de Europa, cv Luján INTA, precoz a floración; con 88% de germinación, 94,4% de pureza y un P1000 de 2,37 g; densidad de siembra: 312 semillas viables por metro cuadrado (8,9 kg.ha⁻¹). Se realizó siembra directa con una sembradora experimental de cuatro surcos a 40 cm. A la siembra se aplicaron 67 kg.ha⁻¹ de fertilizante 7-40-6-12 (N-P-K-S) y 25 kg N.ha⁻¹ en marzo de 2011. En forma inmediata a la siembra se aplicó flumetsulam (SC 12%), en dosis de 500 cc.ha⁻¹.

El riego complementario aplicado fue de 95 mm y 100 mm para el primero y segundo año respectivamente (tabla 1). La calidad de agua de riego fue alcalina bicarbonada con moderado contenido de sodio, evaluada en mayo de 2010. Los datos analíticos fueron: pH 8,7, conductividad 1,1 dS.m⁻¹; Ca, Mg, K y Na: 14,0, 30,0, 15,6 y 234,6 mg.l⁻¹

(ppm); RAS: 8,1; sales totales 656 mg.l⁻¹; cloruros, bicarbonatos, carbonatos nitratos y sulfatos: 32,0; 514,1; 72,0; 16,0 y 1,0 mg.l⁻¹.

Se realizó control de pulgones en implantación (27/5/2010). En los dos años de ensayo se aplicó regulador de crecimiento, trinexapac etil, EC 25%, 950 cc.ha⁻¹ y fungicida azoxistrobina, SC 20% + cyproconazole, SC 8%, en dosis de 500 cc.ha⁻¹. El regulador de crecimiento fue aplicado en el cultivo de primer año el 4/10/2010 y en el segundo año el 26/9/2011; y las fechas del fungicida fueron el 25/10/2010 y 5/10/2011.

La cosecha del primer año se realizó el 24/11/2010, cuando la semilla tenía 48% de humedad. El 18/03/2011 se realizó un corte con eliminación del forraje. Para controlar raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) presente en el lote, el 18/5/2011 se aplicó atrazina (90% WDG) con una dosis de 850 g.ha⁻¹ de producto comercial. El segundo año la cosecha se realizó el 14/11/2011 cuando la semilla presentaba un contenido de humedad del 49%.

En cada unidad experimental fueron tomadas dos submuestras de 0,5 m² para realizar las evaluaciones de número de panojas, rendimiento y calidad de semilla. La cosecha se realizó mediante corte manual con hoz en dos surcos por unidad experimental de 1,25 x 0,40 m. El material fue colocado en bolsas de papel, secado al sol hasta aproximadamente 12% de humedad y luego se trilló. El material liviano se retiró mediante venteado y luego se utilizó zaranda para separar el material de mayor tamaño que la semilla. Del material resultante se tomó muestra para determinar su porcentaje de pureza y calcular luego el rendimiento de semilla limpia y pura. Sobre esta semilla se realizaron las determinaciones de peso de mil semillas y poder germinativo (ISTA, 2009).

Para el cálculo de la dosis óptima económica (DOE) se utilizó la planilla de cálculo CNRT v4.1. Con esta metodología las DOE se obtienen a partir de curvas ajustadas que prescinden de su significancia estadística. Se utiliza el promedio de cinco ecuaciones: cuadrática, cuadrática con *plateau*, Mitscherlich, lineal con *plateau* y esférica con *plateau* (IPNI, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del sitio experimental

Las condiciones meteorológicas durante los dos años del ensayo fueron de menores lluvias y mayor número de heladas a fines del invierno respecto al valor promedio (tabla 1). Esta situación determinó la necesidad de aplicar 95 mm de riego complementario en el primer año (mayo a agosto) y 100 mm en el segundo (agosto y septiembre). La escasa cantidad de agua aplicada no afectaría ni el suelo, ni el cultivo, a pesar de los relativamente elevados valores de pH, sales totales y sodio del agua de riego.

Las características químicas del suelo al inicio del ensayo (0-20 cm, el 7/5/2010) fueron: pH = 5,6 (potenciométrico, agua 1:2,5); conductividad eléctrica 0,145 dS.m⁻¹; C:

			ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
Precipitaciones	2010	Lluvia	151	215	35	61	75	8	24	0,3	87	85	27	49	817,3
		Riego					35	20	10	20			10		95
	2011	Lluvia	234	194	65	75	37	24	15	2	36	76	53	14	825
		Riego								40	60				100
	Histórico 1910-2012	Lluvia	109	106	125	97	59	36	35	41	55	106	100	106	975
Heladas	2010	Meteorológicas	0	0	0	0	1	3	13	14	0	0	0	0	31
		Agrometeorológicas	0	0	0	8	12	19	20	18	0	3	0	0	80
	2011	Meteorológicas (M)	0	0	0	0	3	6	14	13	2	0	0	0	38
		Agrometeorológicas (AM)	0	0	0	1	9	14	22	19	9	4	0	0	78
	Históricas	M: 1967-2012	0	0	0,2	2,1	5,2	7,4	5,4	2	0,2	0	0	0	22,5
		AM: 1999-2012			2,2	7,4	12,4	16,2	15,6	7,4	1,7	0,6	0,2		63,7

Tabla 1. Datos meteorológicos de precipitaciones, heladas y evaporación potencial, históricos y de los años 2010 y 2011 en los cuales se realizó el ensayo de fertilización en festuca alta.

13,5 y N: 1,2 g.kg⁻¹, respectivamente. Ca, Mg, K y Na con valores de 1960; 169,4; 547,4 y 23,0 mg.kg⁻¹ respectivamente y 13,8 de CIC. Los contenidos de azufre en sulfatos (S-SO₄) y fósforo extractable (Bray) (Pe) fueron 5,5 y 39,4 mg.kg⁻¹, respectivamente.

La cantidad de N del suelo (0-20 cm en parcela testigo) fue en septiembre de 2010, 3,3 y 8,1 mg.kg⁻¹, para N-NO₃ y N-NH₄, respectivamente, considerados bajos para los suelos típicos de la región, pues equivalen a solo 7,5 kg N-NO₃.ha⁻¹. Al momento de realizar la aplicación tardía de N en el segundo año el contenido de N del suelo también fue bajo (N-NO₃: 3,3; N-NH₄: 8,1 mg.kg⁻¹).

Panojas

El número de panojas logrado fue independiente del momento de aplicación del N en ambos años. En 2010 el pro-

medio fue de 240 y en 2011 de 365 panojas m⁻² (tabla 2). Este aumento de 50% en el número de panojas del segundo año es el comportamiento frecuente en los cultivos del primer año y del segundo año de la especie. Si bien se considera que un alto número de macollos fértiles es importante, por la alta correlación que existe entre esta variable y el rendimiento de semillas (Hare, 1994), en este ensayo, la diferencia en el número de panojas no se vio reflejada en la misma magnitud en el rendimiento de semilla (tabla 2).

En cuanto al efecto de las dosis, en 2010 la dosis de 150 kg N.ha⁻¹ produjo un número de panojas significativamente superior al testigo y a la mayor dosis. El menor número de panojas con las dosis mayores del primer año, se explica por la utilización del N en la formación de macollos vegetativos, que compiten con los reproductivos (Serrano *et al.*, 1991). En el segundo año, todas las dosis de N fueron eficaces para producir un mayor número de panojas que el testigo sin fertilizar (tabla 2).

		2010		2011		2011		2011		2011	
		panojas.m ⁻²	kg semilla.ha ⁻¹	panojas.m ⁻²	kg semilla.ha ⁻¹	P1000 (g)	1er R %	PG %			
Dosis (kgN.ha ⁻¹)	0	204 b	589 b	301 b	697 c	1,98 c	53 b	83 b			
	75	234 ab	924 a	389 a	1208 ab	2,05 bc	68 a	87 ab			
	150	277 a	1060 a	374 a	1240 a	2,14 a	70 a	89 a			
	225	241 ab	999 a	387 a	1124 ab	2,10 ab	67 a	86 ab			
	300	207 b	960 a	374 a	1034 b	2,13 ab	66 a	87 ab			
	dms	43,6	175	45,9	206	0,086	10,8	5,4			
Aplicación	entera	228 a	924 a	375 a	1063 a	2,07 a	66 a	87 a			
	dividida	253 a	889 a	355 a	1058 a	2,10 a	64 a	86 a			
	dms	26,6	111	29,1	130	0,055	6,82	3,4			
	media general	240	907	365	1061	2,08	64,6	86,4			

Tabla 2. Panojas, rendimiento, peso de mil semillas y germinación (primer recuento (1^{er}. R) y poder germinativo (PG) correspondiente a cada tratamiento y año de evaluación de producción de semilla de festuca alta.

Calidad de semilla

Peso de mil semillas

El mayor peso de semilla fue logrado con la dosis de 150 kg N.ha⁻¹, que superó a la dosis de 75 kg N y al testigo, sin diferencia con las dosis mayores. El peso de 1000 semillas promedio fue de 2,08 g, sin diferencia entre formas de aplicación (tabla 2). Numerosos trabajos muestran que las aplicaciones de N afectan el peso y la concentración de N en las semillas. Con más N aplicado en llenado de grano incrementan ambos parámetros y también el vigor de las semillas (Ene y Bean, 1975; Bean, 1980).

Germinación

En el primer recuento del ensayo de germinación todos los tratamientos con N superaron al testigo sin diferencia entre ellos (tabla 2). La mayor velocidad de germinación expresada por el dato del primer recuento, se explica por el mayor contenido de N de las semillas provenientes de lotes fertilizados. La mayor cantidad de proteína hidrofílica provoca una mayor velocidad de imbibición de las semillas y, consecuentemente, mayor número de plántulas logradas al primer recuento. Sin embargo, las mayores dosis de N no producen mayor porcentaje de germinación, como ocurre en raigrás perenne (Cookson *et al.*, 2001). La germinación expresada por el número de plántulas normales del recuento final del testigo fue superada por el tratamiento de 150 kg N, sin diferencia entre los tratamientos fertilizados.

Rendimiento de Semilla

La forma de aplicación del fertilizante, entera o dividida, no modificó los rendimientos de semilla en ninguno de los años de cosecha (tabla 2, figura 1). En raigrás perenne, ensayos realizados en Nueva Zelanda obtuvieron resultados semejantes (Chynoweth *et al.*, 2010).

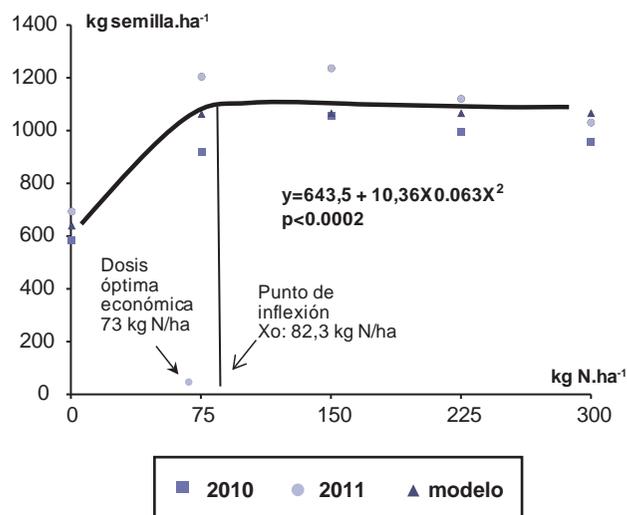


Figura 1. Rendimiento de semilla (kg.ha⁻¹) de festuca alta según dosis de N (0, 75, 150, 225 y 300 kg.ha⁻¹) y año de cosecha (2010 y 2011); punto de inflexión del modelo (n-lin) y dosis óptima económica (DOE).

El rendimiento promedio del primer año fue de 907 kg.ha⁻¹ y el del segundo de 1061 kg.ha⁻¹. Mientras el número de panojas creció un 52% del primero al segundo año, el rendimiento sólo lo hizo en un 17%. Esto se explica, entre otros factores, porque en el segundo año se registró daño por helada agrometeorológica (tabla 1) y vuelco que pueden haber disminuido el número de semillas por panoja y el peso de las semillas.

En el primer año todos los tratamientos con N superaron el rendimiento del testigo sin diferencia entre ellos. Mientras que el segundo año, la dosis de 150 kg N.ha⁻¹ superó significativamente al testigo y a la dosis de 300 kg N. Esta última también fue superior al testigo. Similares resultados fueron encontrados para raigrás perenne (Chynoweth *et al.*, 2010).

La respuesta en rendimiento a la aplicación de fertilizante ajustó al modelo de regresión no lineal, con valores de 82,3 kg N.ha⁻¹ para el punto de inflexión (X₀) y 1069,8 kg de semilla.ha⁻¹ para el *plateau* ($y=643,5 + 10,36X - 0,063X^2$; $p<0,0002$) (figura 1).

La dosis óptima económica de 73 kg N.ha⁻¹ fue obtenida mediante la herramienta CNRT, que estima por media ponderada de los r^2 de cinco modelos de respuesta (IPNI, 2012). Con la tecnología de producción empleada en este ensayo, sin N, se logran rendimientos de semilla pura de ≈ 600 kg.ha⁻¹ y el agregado de N lo eleva hasta 66%. La dosis económica es menor que la dosis del punto de inflexión (dosis óptima física del modelo estadístico) debido a la disminución de la respuesta cuando se alcanza el punto de inflexión coincidiendo con los resultados de Gislum *et al.* (2012).

CONCLUSIONES

El número de panojas, el peso de las mil semillas, la germinación y el rendimiento fueron afectados significativamente por las dosis de N, pero no por el momento de aplicación. Con la dosis de 150 kg N.ha⁻¹ se lograron las mejores respuestas en las variables de calidad de semilla, mientras que para rendimiento el modelo de ajuste fija en 82,3 kg.ha⁻¹ el punto de inflexión.

Si se mantiene la relación histórica de precios entre semilla y N (2,5±0,73, entre 2000 y 2012), la fertilización con N es económicamente rentable. El valor de la dosis óptima económica, 73 kg N.ha⁻¹, inferior a la dosis para maximizar rendimientos físicos, induce a promover prácticas de manejo con un uso más racional del fertilizante. De esta forma, con la recomendación que surge de este trabajo se logra un efecto favorable sobre la conservación del ambiente, que además le permite al productor obtener un mejor resultado económico.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Barenbrug Palaversich por la cesión del predio donde se realizó el ensayo.

Al Ing Agr Hector Targhetta por su colaboración en el seguimiento y la conducción del ensayo a campo.

A Claudio Aquilano y a Ana Font por la colaboración en el trabajo de laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- BAZZIGALUPI, O.; BERTÍN, O.; ARIAS, J.E. 1986. Producción de semilla de especies forrajeras. iii. Efecto de dosis y época de aplicación de fertilizante nitrogenado en festuca alta cv. El Palenque M.A.G. Carpeta de Forrajeras y Producción Animal. Inf. N.º133. 2 pp.
- BEAN, E W. 1980. Factors affecting the quality of herbage seeds. In: Seed Production (ed P D Hebblethwaite), 593-604, Butterworths, London.
- BERTÍN, O.D.; BAZZIGALUPI, O. 1993. Fertilización nitrogenada en gramíneas forrajeras para semilla. Informe Técnico N.º 275. EEA INTA Pergamino. 24 pp.
- CASALS, M.L. 2010. Nitrogen fertilization management for seed production of tall fescue. In: Smith, G R; Evers G W, Nelson L R (eds). Proceedings of the Seventh International Herbage Seed Conference. Dallas, Texas, USA. 11-13 Abril 2010. P 75-81.
- CHYNOWETH, R.J.; ROLSTON, M.P.; TRETHERWEY, J. A K.; MCCLOY, B.L. 2010. Predicting spring nitrogen for perennial ryegrass seed crops from NDVI. In: Smith G r, Evers G W and Nelson L.R. (eds). Proceedings of the Seventh International Herbage Seed Conference. Dallas, Texas USA, p 69-74.
- COOKSON, W.R.; ROWARTH, J.S.; SEDCOLE, J.R. 2001. Seed vigor in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): Effect and cause. Seed Science and Technology 29: 255-270.
- ENE, B.N.; BEAN, E.W. 1975. Variations in seed quality between certified seed lots of perennial ryegrass, and their relationship to nitrogen supply and moisture status during seed development. Journal of the British Grassland Society, 30:195-199.
- FLOWERS, M.D.; HART, J.M.; YOUNG, W.C.; GARBACIK, C.J.; MELLBYE, M.E.; SILBERSTEIN T.B.; ANDERSON N., 2010. In-season assessment of plant nitrogen status for perennial ryegrass 55 seed production using remote sensing In: Smith, G R; Evers G W, Nelson L R (eds). Proceedings of the Seventh International Herbage Seed Conference. Dallas, Texas, USA. 11-13 Abril 2010. P 55-59.
- GISLUM, R.; ROLSTON, P.; HART, J.M.; CHYNOWETH, R.; MCCLOY, B.; YOUNG, W.C. 2007. Economical optimal nitrogen (ECO-N) application rate is all that matters for the growers. Proceedings of the Sixth International Herbage Seed Conference, Gjenestad, Norway, 18-20 Junio 2007, 206-210 pp.
- GISLUM, R.; DELEURAN, L.C.; KRISTENSEN, K.; BOELT, B., 2012. Optimun distribution between autumn-applied and spring-applied nitrogen in seed production of tall fescue. Journal of Plant Nutrition 34:1394-1410.
- HAMPTON, J. G. 1988. Herbage seed production. Advances in Research and Technology of Seeds, 11:1-28.
- HARE, M.D. 1994. Autumn establishment of 3 New Zealand cultivars of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) for seed production. New Zealand Journal of Agricultural Research, 37(1):11-17.
- HARE, M.D.; ROLSTON, M.P. 1990. Nitrogen effects on tall fescue seed production. Journal of Applied Seed Production 8: 28-32.
- HART, J.M.; ROLSTON, P.; MELLBYE, M.E.; SILBERSTEIN, T.B.; YOUNG, W.C.; MCCLOY, B.L.; GINGRICH, G.A.; CHRISTENSEN, N.W.; GISLUM, R. 2007. Comparison of soil N tests for prediction of spring N rate in perennial ryegrass seed production. Proceeding of the sixth international herbage seed conference Gjenestad, Norway;239-243 pp.
- HEBBLETHWAITE, P. D.; Mc LAREN, J. S. 1979. Nitrogen studies in *Lolium perenne* grown for seed iii. The effect of nitrogen and water stress. Grass and Forage Science. 34: 221-227
- HUETTIG, K.D.; CHASTAIN, T.G.; GARBACICK, C.J.; YOUNG, W.C.; WYSOCKI, D.J.; 2013. Spring irrigation of tall fescue for seed production. Field Crops Research 144:297-304.
- INASE, 2013. Producción de semilla fiscalizada. Campaña agrícola 2011/2012. (<http://www.inase.gov.ar/images/stories/estadisticas/certificacion/2011-12.pdf>).
- IPNI (International Plant Nutrition Institute), 2012. <http://nane.ipni.net/> y <http://lacs.ipni.net/>
- ISTA (International Seed Testing Association), 2009. International rules for seed testing. Ed. ISTA.
- ROLSTON, M.P.; BROWN, K.R.; HARE M.D.; YOUNG, K.A. 1985. Grass seed production: weeds, herbicides and fertilisers. In: Hare, M D and Brock J L editors. Producing Herbage Seeds. Grassland Research and Practice Series, Nro 2. New Zealand Grassland Association, Palmerston North. P 15-22.
- ROLSTON, M.P.; YOUNG III, W.C. 2009. Seed production (Chapter 23). In: Fribourg, D. B. Hannaway and West, eds. Tall fescue for the twenty-first century. Agronomy monograph 53 ASA. CSSA and SSSA. Madison. USA. pp 409-426.
- ROWARTH, J.S. 1998. Nitrogen – Impacts on grass seed yield, seed quality and the environment. Supplement Journal of applied seed production, 16:23-29.
- SAS Institute, 2002. SAS Versión 9.1. SASA Inst., Cary, NC, USA.
- SERRANO, H.; BERTÍN, O.D.; ECHEVERRÍA, I.1991. Producción de semilla de especies forrajeras. Boletín de divulgación técnica 86. INTA. E. E. A. Pergamino. 48 pp.