

Mejoramiento genético de alpiste: selección y evaluación de líneas de derivadas de la población marroquí PI284184

COGLIATTI, M.^{1,2,3}; CORTIZO, L.V.³; ROGERS, W.J.^{1,2,3,4}

RESUMEN

La Argentina cuenta con una larga historia en la producción y comercialización de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) encontrándose actualmente entre los tres principales países productores. Sin embargo, es poco lo que se ha invertido en el mejoramiento genético de la especie, lo cual queda en evidencia por la falta de cultivares comerciales nacionales. Actualmente, se siembra una población conformada por una mezcla de poblaciones introducidas que, en su origen, pudieron estar diferenciadas. Con el propósito de promover el desarrollo de cultivares comerciales de alpiste, en los años 2004, 2005 y 2006, se evaluó la variabilidad genética disponible en la especie a partir de una colección de germoplasma conformada por poblaciones y cultivares originarios de diferentes partes del mundo. Así, se identificó una población marroquí, denominada PI 284184, que exhibió un adecuado comportamiento agronómico. En el presente trabajo se describe el proceso de selección de líneas puras derivadas de dicha población y se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de siete de las líneas seleccionadas en base a su elevado peso de mil granos, (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 y S4208) comparadas con tres cultivares comerciales de referencia, de amplia difusión mundial ("Al-den", "Cantate" y "CDC María"). Los experimentos fueron realizados en los años 2011 y 2012 en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul, provincia de Buenos Aires. Los caracteres evaluados fueron: el rendimiento en grano y sus componentes (número de granos por metro cuadrado y peso de mil granos) y la altura de las plantas. Como resultado se determinó la superioridad agronómica de seis de las líneas seleccionadas, respecto de los controles utilizados, en cuanto al rendimiento en grano, peso de mil granos y altura de las plantas. Además, se identificaron tres líneas (S4201, S4202 y S4203) que se destacaron por exhibir valores promedios ≥ 9 g para el peso de mil granos, ≥ 1889 kg/ha para el rendimiento en granos y ≤ 111 cm para altura de las plantas. A futuro, se prevé evaluar las líneas selectas en diferentes ambientes para confirmar su estabilidad y completar su caracterización, evaluando otras características como fenología, susceptibilidad al vuelco e índice de cosecha.

Palabras clave: cultivares comerciales, mejoramiento genético, rendimiento en grano, componentes del rendimiento, líneas seleccionadas.

¹Facultad de Agronomía (UNCPBA), Av. Rep. de Italia 780 (7300) Azul, Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: cmax@faa.unicen.edu.ar

²Centro de Investigaciones sobre Sistemas Agronómicos Sustentables (CIISAS), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Laboratorio de Biología Funcional y Biotecnología (CIC-BIOLAB AZUL).

⁴Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología, Conicet (CONICET-INBIOTEC).

ABSTRACT

Argentina has a long history in the production and marketing of canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) and lies amongst the three major producing countries. However, little has been invested in the genetic improvement of the species, which is evident from the lack of national commercial cultivars. In this regard, the seed sown is a population consisting of a mixture of introduced populations that originally could be adequately differentiated. With the aim of promoting the development of commercial cultivars of canaryseed, in years 2004, 2005 and 2006, available genetic variability in the species was assessed from a germplasm collection consisting of populations and cultivars originating from different parts of the world; from these trials, a Moroccan population was identified, called PI 284184, that exhibited adequate agronomic performance. In the current paper, the process of selection of inbred lines derived from the Moroccan population PI 284184 is described, and the results are presented of the evaluation of seven of the lines selected for their high thousand grain weight (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 and S4208) and three reference cultivars of worldwide distribution ("Alden", "Cantate" and "CDC Maria"), performed in years 2011 and 2012, in Azul, Province of Buenos Aires. The characters measured were grain yield, thousand kernel weight, number of grains per square meter and plant height. As a result, agronomic superiority was observed for the three characters measured of six of the selected lines (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206 and S4207), compared to the reference cultivars. In addition, three lines were identified (S4201, S4202 and S4203) that stood out by exhibiting a thousand grain weight ≥ 9 g, grain yield ≥ 1889 kg/ha and height ≤ 111 cm. In the future, we plan to evaluate the selected lines in different environments, in order to confirm their stability and complete their characterization, assessing other aspects such as phenology, susceptibility to lodging and harvest index.

Keywords: commercial cultivars, genetic improvement, grain yield, selected lines, yield component

INTRODUCCIÓN

El alpiste (*Phalaris canariensis* L.) es una gramínea anual de crecimiento invierno-primaveral que se cultiva para la producción de granos. Es una especie diploide ($2n=2x=12$) (Bennett y Smith, 1976), preponderantemente autógama (Matus-Cádiz y Hucl, 2006), cuyas prácticas de producción, requerimientos y ciclo de cultivo, se asemejan a los de trigo.

Es considerado un verdadero cereal, con granos que presentan una composición única y una estructura similar a la de otros de la misma familia botánica como trigo, avena, cebada y arroz (Abdel-Aal *et al.*, 2011). Históricamente, los granos de alpiste han sido utilizados, casi con exclusividad, para la alimentación de aves ornamentales. Sin embargo, se han propuesto otros usos alternativos como la alimentación de cerdos (Thacker, 2003), aves de corral (Hucl *et al.*, 2001) y la elaboración de alimentos "libres de gluten" para consumo humano (Patterson, 2011), lo que vislumbra un futuro prometedor para este cultivo. Hasta 1980, la Argentina fue el principal país productor de alpiste. Actualmente, Canadá es el líder y nuestro país se mantiene entre los tres principales productores (FAO, 2013; Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2011).

En el mundo existen alrededor de una docena de cultivares comerciales de alpiste, con escasa a nula adopción en la Argentina ("Cantate", "Judita", "Lizard", "Karcsu", "Abad",

"Aldén", "Elias", "Keet", "CDC-María", "CDC-Togo", "CDC-Bastia"). En nuestro país es poco lo que se ha invertido en materia de mejoramiento genético en la especie, lo que queda en evidencia por la falta de cultivares de origen nacional. Al respecto, los productores argentinos siembran poblaciones de alpiste cuyas características y origen desconocen. Dichas poblaciones poseen entre sí un comportamiento agronómico similar en cuanto a su morfología, fenología y productividad (Bodega *et al.*, 1995). No obstante, si bien presentan cierta adaptación a nuestras condiciones agroecológicas, exhiben una marcada inestabilidad en el rendimiento, granos pequeños, maduración desuniforme y tendencia al vuelco, entre otros rasgos mejorables.

Además del rendimiento, el tamaño de los granos ha sido uno de los principales objetivos en el mejoramiento genético del alpiste. Las plántulas de alpiste son poco vigorosas, especialmente, en el período que va desde emergencia a macollaje (Putnam *et al.*, 1996). Si bien no se cuenta con datos específicos para alpiste, en muchas especies se ha demostrado que el vigor de las plántulas está asociado positivamente con el tamaño o peso individual de las semillas (McDaniel, 1969; Lafond and Baker, 1986; Ruiz *et al.*, 1993; Elliott *et al.*, 2008; Moshatati and Gharineh, 2012). Para este carácter, Cogliatti (2009), obtuvo un alto grado de determinación genética en alpiste (0,59), lo que implica la factibilidad de obtener progreso genético por selección.

El alpiste es muy susceptible al vuelco, especialmente, cuando se lo cultiva en condiciones que promueven el crecimiento de las plantas, como la abundancia de nutrientes y humedad en el suelo. En tales circunstancias, las plantas crecen en exceso, pudiendo alcanzar alturas cercanas a los 2 m. El vuelco puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo y generar otros efectos indeseables, como disminución en la velocidad de cosecha, aumento en la proporción de granos verdes y humedad en el producto cosechado (Norton y Ford, 2002; Barry *et al.*, 2004). La selección de genotipos con menor estatura podría contribuir a disminuir la incidencia del vuelco, tal como ha sucedido con otros cereales.

Con el propósito de detectar variabilidad genética para el mejoramiento del cultivo de alpiste, Cogliatti *et al.* (2011), evaluaron en los años 2004, 2005 y 2006, el desempeño agronómico de 57 accesiones (47 poblaciones y 10 cultivares) originarias de 19 países, en Azul, provincia de Buenos Aires. Como resultados, obtuvieron valores promedios de 1369 kg/ha para el rendimiento en granos (RG), 7,1 g para el peso de 1000 granos (PG), un número de 18622 granos por metro cuadrado (NG) y 99 cm para la altura de las plantas (H). Además, identificaron una población de origen marroquí, denominada PI 284184, con elevado peso PG (8,1 g) alto RG (1530 kg/ha) y baja H (93 cm).

El objetivo de este trabajo fue seleccionar líneas puras de alpiste, derivadas de la población PI 284184, con elevado PG, alto RG y baja H.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y multiplicación de líneas

En el año 2009 se sembraron 225 m² con semillas de la población marroquí PI 284184, en la Chacra Experimental de la Facultad de Agronomía de Azul (CE-FAA). A cosecha, se recolectaron de los macollos principales 71 panojas al azar, se trillaron manualmente y se les midió el PG. En el año 2010 se multiplicaron en surcos individuales 18 de las 71 líneas para obtener la cantidad de semillas necesarias (aprox. 100 g) para su posterior evaluación en ensayos en parcelas a campo. Se tomó como criterio de selección que las líneas posean un PG \geq 8 g, sobre la base del PG de 8,1 g obtenido por Cogliatti *et al.* (2011) para la población marroquí PI 284184, de la cual derivaron las mismas.

Experimentos en parcelas a campo

El 16 de julio de 2011 y el 13 de julio de 2012, se sembraron el primer y segundo experimento en parcelas a campo, respectivamente. En los mismos, se evaluaron las líneas seleccionadas y tres cultivares comerciales de referencia, "CDC-María", "Cantate" y "Aldén", de amplia difusión a nivel mundial y que habían sido caracterizados en nuestras condiciones agroecológicas por Cogliatti *et al.* (2011). Los ensayos se realizaron en la CE-FAA, en parcelas de 3 m

de largo por 1,4 m de ancho (4,2 m²), a una densidad de siembra de 500 plantas/ m², en un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. Los mismos fueron fertilizados aplicando fosfato diamónico a la siembra y urea cuando el cultivo alcanzó el estadio de macollaje. Los niveles de nitrógeno y fósforo totales alcanzados (teniendo en cuenta los contenidos en el suelo previo a la siembra, más los aportados por los fertilizantes) fueron de 120 kg/ha y 18 ppm, respectivamente. Para controlar las malezas latifoliadas se realizaron dos aplicaciones de herbicida: la primera, asperjando 1000 ml/ ha de Weedex 34.6% EC (34,6 g de bromoxinil octanoato /100 ml) cuando el cultivo presentaba tres hojas expandidas y la segunda aplicando una mezcla compuesta por 1000 ml/ha de MCPA 28% SL (28 g de sal sódica del ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético/100 ml) + 120 ml/ha de Banvel 57,71% SL (57,71 g de dicamba-dimetilamonio/100 ml) cuando el cultivo alcanzó el estadio de macollaje. Las dosis de herbicidas utilizadas fueron las recomendadas por la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, 2011).

Caracteres evaluados

En ambos experimentos se midieron, sobre una superficie de 1 m², el rendimiento en grano (kg/ha), el peso de mil granos (g) y la altura de las plantas (cm). Además, se calculó el número de granos por metro cuadrado (N.º granos/ m²) aplicando la siguiente fórmula: NG= RG/PG.

Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias de Fisher. Los análisis de varianza combinados se hicieron siguiendo la metodología propuesta por McIntosh (1983) para un modelo factorial Tipo I, donde genotipo y año fueron considerados como efectos fijos.

Los análisis estadísticos se hicieron empleando el programa informático INFOSTAT (Infostat, 2007).

No se realizó control de polinización en la selección y multiplicación de líneas, ni en los experimentos en parcelas a campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base al PG se identificaron siete de las 16 líneas evaluadas en el 2011 (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 y S4208), con un PG \geq 8,8 g. Éstas fueron seleccionadas para ser evaluadas en 2012.

El análisis de varianza conjunto, que incluyó las siete líneas evaluadas en ambos experimentos 2011 y 2012, no evidenció interacción genotipo x ambiente para ninguna de las cuatro variables medidas, implicando que los genotipos mantuvieron su posición relativa (ranking) en ambos años. Sí mostró diferencias significativas para el RG, PG y H, pero no para el NG (tabla 1).

Variable: rendimiento en granos						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	4386358,38	23	190711,23	2,57	0,0055	
Genotipo	1543705,75	9	171522,86	2,31	0,0364	
Genotipo*Año	638009,08	9	70889,9	0,95	0,4925	
Año	1592510,42	1	1592510,42	10,41	0,0321	(Año>Bloque)
Año>Bloque	612133,13	4	153033,28	2,06	0,1066	
Error	2674828,87	36	74300,8			
Total	7061187,25	59				

Variable: número de granos por metro cuadrado						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	455202710	23	19791422,17	2,19	0,0168	
Genotipo	109724610,1	9	12191623,34	1,35	0,2465	
Genotipo*Año	57913188,43	9	6434798,71	0,71	0,6934	
Año	223783722,8	1	223783722,8	14,03	0,02	(Año>Bloque)
Año>Bloque	63781188,64	4	15945297,16	1,77	0,157	
Error	324914345,3	36	9025398,48			
Total	780117055,2	59				

Variable: peso de los granos						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	24,75	23	1,08	13,21	<0,0001	
Genotipo	22,49	9	2,5	30,67	<0,0001	
Genotipo*Año	1,36	9	0,15	1,86	0,0907	
Año	2,00E-04	1	2,00E-04	0,00089	0,9776	(Año>Bloque)
Año>Bloque	0,9	4	0,23	2,77	0,042	
Error	2,93	36	0,08			
Total	27,69	59				

Variable: altura de las plantas						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	10279,13	23	446,92	19,19	<0,0001	
Genotipo	1319,93	9	146,66	6,3	<0,0001	
Genotipo*Año	197	9	21,89	0,94	0,5037	
Año	8640	1	8640	282,82	0,0001	(Año>Bloque)
Año>Bloque	122,2	4	30,55	1,31	0,2842	
Error	838,47	36	23,29			
Total	11117,6	59				

Tabla 1. Análisis de varianza conjunto para el rendimiento en grano (kg/ha), número de granos por metro cuadrado (N.º granos/m²), peso de mil granos (g) y altura de las plantas (cm); para los tres cultivares comerciales y siete líneas seleccionadas de población PI 284184.

El análisis comparativo de medias agrupó a las líneas S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 como los genotipos de mayor rendimiento en granos, con valores promedios comprendidos entre 1877 y 1978 kg/ha. Las líneas S4201, S4202,

S4203 como los de mayor PG, con valores promedios comprendidos entre 9 y 9.3 g y a S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, S4207 y S4208 en el grupo de plantas más bajas, con valores promedios comprendidos entre 108 a 112 cm (tabla 2).

Genotipo	Rendimiento (kg/ha)	Número de granos/ m ²	Peso de 1000 granos (g)	Altura (cm)
Aldén	1641	ab	22524	7,3
Cantate	1818	ab	21258	8,5
CDC-María	1588	ab	20399	7,8
S4201	1972	c	21891	9,0
S4202	1889	bc	20202	9,3
S4203	1978	c	21554	9,2
S4204	1873	bc	20984	8,9
S4206	1975	c	22056	9,0
S4207	1877	bc	21082	8,9
S4208	1522	a	17434	8,7
Promedio	1813		20938	8,7
Min	1522		17434	7,3
Max	1978		22524	9,3
CV (%)	15		14,4	3,3
p-valor	0,0364	0,2465	<0,0001	<0,0001

Tabla 2. Rendimiento en grano, número de granos por metro cuadrado, peso de mil granos y altura de las plantas, resultantes del análisis de varianza conjunto de los tres cultivares comerciales de alpiste y siete líneas seleccionadas.

Letras distintas indican diferencias significativas (p≤ 0,05)

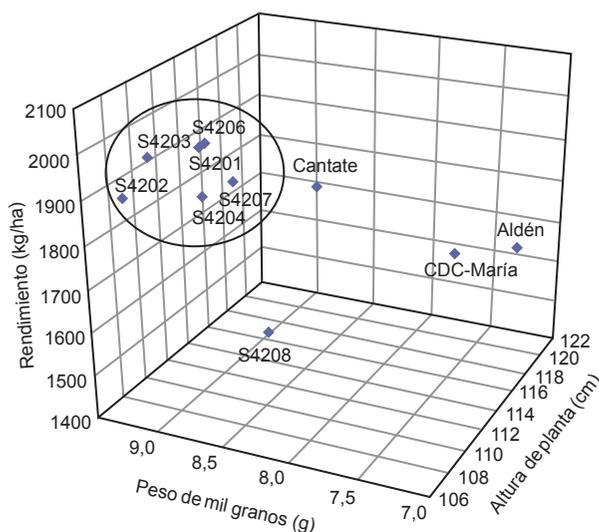


Figura 1. Diagrama de dispersión de los valores promedio obtenidos de las evaluaciones de tres cultivares comerciales de alpiste y siete líneas seleccionadas.

Los tres cultivares comerciales, “CDC María”, “Cantate” y “Aldén”, estuvieron en el grupo de genotipos de menor rendimiento en grano y produjeron, significativamente, menos que las líneas S4201, S4203 y S4206. Por otro lado, no se evidenciaron diferencias significativas en el rendimiento entre los tres cultivares, lo que contrasta con lo hallado por Heide *et al.* (2004), en Canadá, donde “CDC-María” mostró un rendimiento inferior a “Cantate” y con lo observado por Cogliatti *et al.* (2011), en la Argentina, donde “CDC-María” rindió significativamente menos que “Cantate” y “Aldén”.

A excepción de S4208, la líneas seleccionadas exhibieron PG significativamente mayor que los cultivares de referencia, lo cual era esperable teniendo en cuenta el elevado peso PG característico de la población de la cual fueron seleccionadas. Asimismo, para cuatro de las líneas seleccionadas, S4201, S4202, S4203, S4204, S4206, se obtuvo una altura de planta significativamente más baja que los cultivares de referencia.

Los valores promedios de RG, PG, H y NG, obtenidos en las líneas evaluadas superaron a los hallados por Cogliatti *et al.* (2011) para la población PI 284184, de la cual derivaron. Ellos fueron de 1530 kg/ha, 8.1g, 101 cm y 18622, respectivamente (valores promedio 3 años de ensayo, 2004, 2005, 2006).

Seis de las siete líneas seleccionadas (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206 y S4207) superaron en RG, PG y H a los cultivares de referencia (figura 1). Asimismo, se identificaron tres líneas, S4201, S4202 y S4203, con un PG ≥ 9 g, RG ≥ 1889 kg/ha y H ≤ 111 cm.

Comparando los valores obtenidos de RG, PG y H, para las tres mejores líneas seleccionadas (S4201, S4202 y S4203), con los publicados por Bodega *et al.* (1995) y Cogliatti *et al.* (2011) para la población argentina, se evidencia que es el PG el carácter más distintivo de las líneas. (tabla 3).

A partir del conocimiento de que el grano de alpiste es libre de gluten (Patterson, 2011) y la adopción de cultivares glabros, es decir, libres de pelos silíceos en sus coberturas sospechados como dañinos para la salud humana (O'Neill *et al.*, 1980), se espera un aumento en la demanda de alpiste para la elaboración de alimentos para el consumo hu-

	Población argentina		Líneas S4201, S4202 y S4203
	Bodega et al. (1995)	Cogliatti et al. (2012)	
Rendimiento (kg/ha)	1757	1324	≥ 1889
Peso de mil granos (g)	6.8	6.7	≥ 9.01
Altura de planta (cm)	101	106	≤ 111

Tabla 3. Comparación del rendimiento en grano, peso de mil granos y altura de las plantas, de las líneas S4201, S4202 and S4203 y la población argentina.

mano. Al respecto, es importante seguir trabajando en la obtención de cultivares de alpiste con mayor potencial de rendimiento para posicionarlo como una alternativa económicamente viable respecto de otros cultivos de siembra invernal. A pesar de los resultados publicados por Cogliatti *et al.* (2011), donde se demostró la existencia de mayor variabilidad genética para caracteres de interés agronómico que la observada por Bodega *et al.* (1995, 2000, 2003), dicha variabilidad ha resultado insuficiente para la obtención de cultivares de alpiste con mayores rendimientos en grano y menor susceptibilidad al vuelco. Para el logro de dichos objetivos podrían considerarse los resultados del análisis de las principales diferencias observadas en la determinación del rendimiento de alpiste en relación con el trigo, publicados por Bodega *et al.* (2014). Este trabajo propone tres aspectos cuya mejora puede producir importantes efectos sobre el rendimiento en grano y la disminución de la susceptibilidad al vuelco del cultivo de alpiste:

1. El aumento de la intercepción de radiación del cultivo en sus primeros estadios, dado que el alpiste presenta una lenta germinación, sumada al lento crecimiento desde emergencia hasta inicios de macollaje, lo que hacen que llegue al fin de macollaje con valores de intercepción de radiación inferiores a los de trigo. La mayor intercepción de radiación del cultivo de trigo redundaría en el incremento de la acumulación de materia seca, con eficiencias de conversión similar para ambos cultivos.
2. El incremento en la duración del período de crecimiento de la panoja, redundaría notablemente el rendimiento del cultivo de alpiste, más aún si es acompañado de una mayor partición de fotoasimilados a la panoja.
3. El incremento en la partición de materia seca a las panojas, en el periodo de crecimiento de las inflorescencias, provocaría una disminución de la competencia entre la panoja y el tallo, resultando en la mejora del rendimiento del cultivo de alpiste.

En trigo estos cambios estuvieron ligados a la aparición de los cultivares semienanos, con genes *Gai/Rht₁* y *Gai/Rht₂*, que presentaban menor competencia entre los tallos y las espigas, altos índices de cosecha y mayor fijación de granos. Además, los cultivares semienanos, eran menos susceptibles al vuelco lo que les permitió ser cultivados con mayores dosis de fertilizantes.

En la Argentina, los trabajos de Bodega *et al.* (1995, 2003); Cogliatti *et al.* (2011), demuestran que, tanto las po-

blaciones locales como los cultivares introducidos, tienen un comportamiento similar y se asemejarían al observado en los cultivares de trigo denominados genéricamente tradicionales (sin genes de enanismo) en donde la competencia por carbohidratos entre tallo e inflorescencia, durante el período crítico, favorecen al tallo limitando la fijación de un mayor número de granos. En alpiste, al igual que en los trigos de tipo tradicional, el rendimiento se relaciona directamente con la biomasa aérea y no con el índice de cosecha (Bodega *et al.*, 1998, 2010; Miravalles *et al.*, 2002; Bodega, G. 2005; Cogliatti *et al.*, 2011) siendo esta una importante limitante para el logro de altos rendimientos, ya que los valores elevados de biomasa van acompañados de serios problemas de vuelco de las plantas, principalmente, en cultivos sembrados en suelos de alta fertilidad nitrogenada y buena disponibilidad hídrica.

Dado que no se disponen de genes de enanismo en alpiste, el empleo de técnicas biotecnológicas, como la generación de variabilidad a través de mutagénesis inducida o la incorporación por transgénesis, son dos herramientas alternativas a evaluar para la obtención de genotipos de alpiste enanos o semienanos. El empleo de mutagénesis inducida con azuda sódica, fue realizado exitosamente por Matus-Cadiz *et al.* (2003) para la obtención del primer cultivar glabro de alpiste "CDC María".

CONCLUSIONES

Los resultados demostraron una superioridad en la performance agronómica para el RG, PG y H, en seis de las siete líneas seleccionadas de la población marroquí PI 284184 (S4201, S4202, S4203, S4204, S4206 y S4207), respecto a los cultivares de referencia ("Aldén", "Cantate" y CDC María).

Tres de las líneas (S4201, S4202 y S4203) se destacaron por exhibir un elevado PG (≥ 9 g), alto rendimiento en granos (≥ 1889 kg/ha) y baja estatura (≤ 111 cm) y serían promisorias para ser inscriptas como cultivares comerciales en la Argentina.

Debido a que los resultados presentados fueron obtenidos de evaluaciones realizadas en dos años y un sitio experimental. A futuro, se prevé evaluar las líneas selectas en más ambientes, para confirmar su estabilidad, estudiando la interacción genotipo por ambiente y completar su caracterización, incorporando otros aspectos como su fenología, susceptibilidad al vuelco e índice de cosecha.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la empresa H.J. Navas & Cía. S.A. por su apoyo financiero para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDEL-AAL, E.S.M.; HUCL, P.; MILLER, S.S.; PATTERSON, C.A.; GRAY D. 2011. Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending flour for food use. *Food Chemistry* 125: 410-416.
- BERRY, P.M.; STERLING, M.J.; SPINK, H.; BAKER, C.J.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; MOONEY, S.J.; TAMS, A.R.; ENNOS, A.R. 2004. Understanding and Reducing Lodging in Cereals, *Advances in Agronomy*, Academic Press (84) 217-271.
- BENNETT, M.D.; SMITH, J.B. 1976. Nuclear DNA amounts in angiosperms. *Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY B*. 274: 227-274.
- BODEGA, G.I. 2005. Efecto de la época y densidad de siembra sobre el crecimiento, rendimiento y sus componentes en CDC Maria y una población local de alpiste (*Phalaris canariensis* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. U.N.M.d.P. Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina. 46 pp
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.A.; RODRÍGUEZ, R.H.; PEREYRA IRAOLA, M. 1995. Caracterización agronómica de poblaciones comerciales de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía* 15 (2-3): 161-170.
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.A.; PEREYRA IRAOLA, M. 2000. Comparative yield of native and introduced canary grass (*Phalaris canariensis* L.) cultivars sown at two sowing date. Test of Agrochemicals and Cultivars, N.º 21. Edited by R Bryson & MA Froment. Association of Applied Biologists.
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.A.; PEREYRA IRAOLA, M. 2003. Análisis comparativo del rendimiento en semillas y otras características de interés agronómico en poblaciones locales y cultivares introducidos de alpiste. *Revista Facultad de Agronomía* 23 (2-3): 147-154.
- BODEGA, J.L.; DE DIOS, M.; PEREYRA IRAOLA, M. 2014. Dinámica del desarrollo y generación del rendimiento en alpiste. En: Cogliatti, M. (2014). El cultivo de alpiste. Editorial UNCPBA. Tandil, en prensa.
- BOLSA DE CEREALES DE BUENOS AIRES, 2011. Número Estadístico 2009-2010: 106-111.
- COGLIATTI, M. 2009. Variabilidad genética en alpiste como base para su mejoramiento. Tesis de Magister Science. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- COGLIATTI, M.; BONGIORNO, F.; DALLA VALLE, H.; ROGERS, W.J. 2011. Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) accessions from nineteen countries show useful genetic variation for agronomic traits. *Canadian Journal of Plant Science*, 91: 1-12.
- ELLIOTT, R.H.; FRANKE, C.; RAKOW, G.F.W. 2008. Effects of seed size and seed weight on seedling establishment, vigour and tolerance of Argentine canola (*Brassica napus*) to flea beetles, *Phyllotreta* spp. *Canadian Journal of Plant Science* 88 (1) 207-217.
- FAO, 2013. <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD> <http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD>. (Verificado: 10 de febrero de 2013).
- GUÍA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS PARA LA REPÚBLICA ARGENTINA 2011. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes.
- HEIDE, A.; KOSTUIK, J.; WATSON, K. 2004. Parkland Crop Diversification Foundation (PCDF) Annual Report, 59-62.
- HUCL, P.; HAN, H.L.; ABDEL-AAL, E.S.M.; HUGHES, L.G.R. 2001. Development and quality of glabrous canaryseed. AFIF Project # 96000287. <http://www.agriculture.gov.sk.ca/19960287.pdf> (Verificado: 19 de noviembre de 2012).
- INFOSTAT, 2007. Statistical software version Infostat (2007). Grupo Infostat, Universidad Nacional de Córdoba (FCAUNC).
- LAFOND, G.P.; BAKER, R.J. 1986. Effects of Genotype and Seed Size on Speed of Emergence and Seedling Vigor in Nine Spring Wheat Cultivars. *Crop Science*, 26: 341-346.
- MATUS-CADIZ, M.; HUCL, P.; VANDENBERG, A. 2003. Inheritance of hull pubescence and seed color in annual canarygrass. *Canadian Journal of Plant Science* 83:(3) 471-474.
- MATUS-CÁDIZ, M.; HUCL, P. 2006. Outcrossing in annual canarygrass. *Crop Science*, 46: 243-246.
- MCDANIEL, R.G. 1969. Relationships of Seed Weight, Seedling Vigor and Mitochondrial Metabolism in Barley. *Crop Science*, 9: 823-827.
- MCINTOSH, M.S. 1983. Analysis of combined experiments. *Agronomy Journal*, 75: 153-156.
- MIRAVALLS, M.T.; GALLES, L.M.; MÖCKEL, F.E. 2002. Alpiste: Revisión de la situación del cultivo. *Agronomy Journal* 22 (1): 7-17.
- MOSHATATI, A.; GHARINEH, M.H. 2012. Effect of grain weight on germination and seed vigor of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4 (8), 458-460.
- NORTON, R.M.; FORD, J.F. 2002. Canarygrass: Industry development for south-eastern Australian. A report for de Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication N.º 01/178, 91p. <https://rirdc.infoservices.com.au/downloads/01-178> (Verificado: 20 de octubre de 2012)
- O'NEILL, C.H.; HODGES, G.M.; RIDDLE, P.N.; JORDAN, P.W.; NEWMAN, R.H.; FLOOD, R.J.; TOULSON, E.C. 1980. A fine fibrous silica contaminant of flour in the high oesophageal cancer area of north-east Iran. *International Journal of Cancer* 26: 617-628.
- PATTERSON C.A. 2011. Canaryseed - Naturally Gluten-Free. *Canaryseed News*, ISSUE #21: 4.
- PUTNAM, D.H.; MILLER, P.R.; HUCL, P. 1996. Potential for production and utilization of annual canarygrass. *Cereal Foods World* 41: 75-83.
- RUIZ, M. DE LOS A.; COVAS, G.F.; BABINEC, F.J.; GIMÉNEZ, H.D. 1993. Peso de grano y vigor de plántula en centenos diploide y tetraploide. *Revista Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa* 7 (1) 21-27.
- THACKER, P.A. 2003. Performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs fed diets containing graded levels of canaryseed. *Canadian Journal of Animal Science* 83: 89-93.