

Progreso genético en trigo cultivado en seco

Ortega D., G. Manera, G. Astolfi, R. Argenti y R. Maich

RESUMEN

El cultivo de trigo en la región semiárida central de la Argentina manifiesta una gran variabilidad en el rendimiento, debido a las condiciones de estrés hídrico y temperaturas cálidas durante el período crítico de espigazón y floración. Con el objetivo de evaluar, en un ambiente semiárido y en condiciones de seco, el progreso genético en cuanto al rendimiento y algunos de sus componentes al cabo de seis ciclos de selección recurrente, se cultivaron durante 2002 y 2003 cuatro familias por ciclo (C0 al C6) con similares fechas de floración. Los valores medios de cuatro de los nueve caracteres analizados difirieron significativamente. Se observó un aumento en el número de estructuras reproductivas de la espiga en los ciclos más avanzados; sin embargo, el rendimiento no incrementó debido probablemente a la inhibición de macollos y a la prolongación del estrés hídrico más allá de la antesis.

Palabras clave: trigo, progreso genético, rendimiento, seco.

Ortega D., G. Manera, G. Astolfi, R. Argenti and R. Maich. Genetic progress of rainfed cultivated wheat. *Agriscientia* XXI (2): 89-92

SUMMARY

In the central semiarid region of Argentina, grain yield of wheat shows a great variability due to the drought stress conditions and the warm temperature during the critical periods of heading and flowering. Four families per cycle (C0 to C6), with similar flowering date, were cultivated during 2002 and 2003 to measure, in a semiarid environment under rainfed conditions, the genetic progress for grain yield and some of its components after six cycles of recurrent selection. Mean values differed significantly on four of the nine characters analyzed. An increase on

Fecha de recepción: 10/09/04; fecha de aceptación: 10/12/04

the number of reproductive structures of the spike was observed at the most advanced cycles; however, grain yield did not increase probably due to tiller inhibition and to a longer drought stress after flowering.

Key words: wheat, genetic progress, yield, rainfed.

D. Ortega, G. Manera, G. Astolfi, R. Argenti y R. Maich. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. CC 509, 5000 Córdoba, Argentina. (rimaich@agro.uncor.edu)

Entre los cultivos invernales el trigo es el de mayor importancia en la región central semiárida de la Argentina. Sin embargo, éste manifiesta una gran variabilidad en el rendimiento a lo largo de los años. Esta inestabilidad se debe principalmente a las condiciones ambientales predominantes en la región, donde el trigo se desarrolla casi exclusivamente con el agua acumulada en el perfil del suelo. Las etapas de premacollaje, macollaje e inicio de encañazón se suceden sin mayores limitantes; en cambio, a partir de encañazón hasta floración el cultivo se desarrolla con déficit hídrico y temperaturas cálidas. Bajo estas condiciones de estrés se ve notablemente afectada la expresión de los componentes numéricos del rendimiento (Wollenweber *et al.*, 2003). Éstos se desarrollan secuencialmente, por lo que aquellos que se fijan en una primera instancia controlan a los subsiguientes. García del Moral *et al.* (2003) observaron la ocurrencia de efectos compensatorios en trigo cultivado en secano y con temperaturas cálidas, principalmente entre el número de espigas por unidad de superficie y el número de granos por espiga. Por su parte, Richards *et al.* (2001) señalan la existencia de correlaciones negativas entre caracteres adaptativos a sequía y el rendimiento.

Desde la perspectiva del mejoramiento genético vegetal, partir de una población segregante y recombinante para los caracteres de interés es una condición indispensable para obtener una respuesta sostenida a la selección. Número y origen de los progenitores son aspectos a ser tenidos en cuenta al momento de constituir la población original. Además, deben capitalizarse aquellas interacciones génicas a nivel del germoplasma en evolución que determinen fenotipos agrónomicamente superiores. Entre los métodos de mejoramiento utilizados en especies autógamias se destacan el genealógico y el masal (Cubero, 2003); sin embargo, la atención también ha sido puesta sobre un esquema de selección utilizado en especies alógamas, la selección recurrente. Con este método se seleccionan y recombinan de manera cíclica aquellas expresiones fenotípicamente superiores. Debido a que el pool génico

se mantiene en un constante proceso de recombinación, la correspondiente fijación genotípica se logra de manera genealógica. La fijación genotípica en cada uno de los distintos ciclos permite una revisión periódica del progreso genético. Numerosos trabajos a corto plazo (con no más de tres o cuatro ciclos de selección recurrente en trigo), en los que se utilizó al rendimiento como criterio de selección, muestran un avance significativo (Bravant *et al.*, 1991; Olmedo-Arceaga *et al.*, 1995; Maich *et al.*, 2000; Maich *et al.*, 2003).

En ciertas ocasiones, a la par de lo que lo hace el rendimiento, algunos de sus componentes muestran cambios en su expresión fenotípica, aunque no necesariamente en la dirección deseada. Maich *et al.* (2003) constataron una disminución en el peso del grano al cabo de tres ciclos de selección recurrente para rendimiento. En avena, Payne *et al.* (1986) observaron después de tres ciclos de selección un alargamiento del periodo a floración y aumento de altura de la planta.

Un programa de mejoramiento conducido bajo condiciones de semiaridez y en secano, se enfrenta con la dificultad de las interacciones entre los componentes numéricos del rendimiento (número y peso de las semillas), las que tornan inconsistente el avance genético para el rendimiento. Ello fuerza a una flexibilización del criterio de selección y la inclusión de otros caracteres que faciliten la obtención de un cultivo armónico desde el punto de vista genético, y una interacción con el medio que promueva una respuesta fisiológica que coincida con el objetivo del mejoramiento.

El objetivo de este trabajo fue el de evaluar, en un ambiente semiárido y en condiciones de secano, el progreso genético en cuanto al rendimiento y algunos de sus componentes al cabo de seis ciclos de selección recurrente en trigo

A partir del cruzamiento al azar entre 16 cultivares comerciales de trigo (*Triticum aestivum* L.) se obtuvieron 83 combinaciones híbridas (S0) constituyentes de la población original (C0). Se utilizó un esquema de selección recurrente de dos años por

ciclo. Las progenies S0 (hermanos completos) fueron evaluadas en parcelas de un surco de 1,3 m de longitud con 0,20 m entre surcos y con una densidad de 100 semillas por m², sin repeticiones y con controles sistemáticos. Los ensayos se llevaron a cabo bajo condiciones de secano en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (U.N.C.), Córdoba, Argentina (31° 29' S, 64° 00' O). En los primeros tres ciclos de selección recurrente el rendimiento en grano por espiga o por parcela fue utilizado como único criterio de selección. En el cuarto ciclo, la biomasa aérea y el índice de cosecha fueron utilizados también como criterios de selección. Finalmente, a partir del quinto ciclo en adelante, se aplicó un índice de selección constituido por 18 caracteres. La decisión de utilizar más de un criterio de selección se tomó luego de observar una disminución significativa en cuanto al peso de 1000 semillas al cabo de tres ciclos de selección recurrente (Maich et al., 2003). Además, resultó oportuno involucrar como criterio de selección a los dos componentes fisiológicos más importantes del rendimiento (índice de cosecha y producción de biomasa). Finalmente, y en función de la excesiva altura del germoplasma, se introdujo como criterio adicional la disminución de éste carácter. Al margen de estas consideraciones, en el grupo de progenies S0 seleccionadas estuvieron por lo general incluidas aquellas con mayor rendimiento en semilla. Debe ser tenido en cuenta que en la constitución del primer ciclo de selección recurrente (C1) el rendimiento en semilla por espiga resultó el criterio de selección excluyente, debido al daño ocasionado por los pájaros en las parcelas.

Durante el 2000 se cultivaron muestras de semillas con grado variable de endocría pertenecientes a la población original (C0) y a los seis ciclos de selección recurrente subsiguientes (C1 al C6). Se escogieron 12 plantas por población, cuyas familias

fueron cultivadas en 2001 y caracterizadas por el momento de espigazón. Durante 2002 y 2003 se evaluaron aquellas cuatro familias por ciclo cuyo período siembra-espigazón fuese de aproximadamente 130 días (ciclo largo). Cada año se utilizó un diseño completamente aleatorizado considerando a las familias del mismo ciclo como repeticiones. Éstas fueron sembradas en parcelas de un surco de 5 m de longitud, con 0,2 m entre surcos y 250 semillas por m². Conjuntamente con las 28 familias se evaluaron los siguientes cuatro cultivares comerciales de ciclo largo: Buck Sureño, Buck Arriero, Prointa Bonaerense Alazán y Desimone Caudillo. Los caracteres medidos fueron: rendimiento en semilla y en biomasa aérea (g m⁻²), índice de cosecha (%), número de semillas y espigas (n° m⁻²) y peso de 1000 semillas (g). Además, sobre una muestra de 10 espigas, se estimó el número de espiguillas por espigas, de semillas por espiga y por espiguilla. El análisis de la varianza se realizó considerando a los ciclos de selección y a los años como las fuentes principales de variación. Las diferencias entre medias se constataron con la prueba de Duncan.

Se observaron diferencias significativas entre valores medios correspondientes a los distintos ciclos de selección recurrente en cuatro de los nueve caracteres analizados (Tabla 1). A nivel de espigas el número de espiguillas por espiga muestra un avance significativo del 14% a lo largo de seis ciclos de selección recurrente (1,2 % anual). Si bien este incremento repercutió positivamente en el número de semillas por espiga, no resultó estadísticamente significativo. En cuanto al número de semillas por espiguilla no se observaron diferencias significativas entre los distintos ciclos, aunque el valor medio de C6 resultó ligeramente inferior al de los ciclos precedentes.

Respecto al rendimiento en grano, biomasa aérea, número de semillas y espigas por m², no se constata-

Tabla 1: Valores medios de nueve caracteres medidos a partir de seis ciclos de selección recurrente en trigo

Ciclo	Espiguillas/ espiga (n°)	Semillas/ espiga (n°)	Semillas/ espiguilla (n°)	Espigas m ⁻² (n° m ⁻²)	Semilla (g m ⁻²)	Biomasa (g m ⁻²)	Índice de cosecha (%)	Peso1000 semillas (g)	Semillas (n° m ⁻²)
C0	19,95 a	29,60 ab	1,48 a	358 abc	210,53 a	953,17 a	22,1 a	30,39 bc	6927 a
C1	21,30 abc	34,00 b	1,59 a	342 abc	193,72 a	816,25 a	23,7 a	27,80 ab	6968 a
C2	20,78 abc	28,68 a	1,38 a	406 c	206,20 a	1005,87 a	20,5 a	31,73 c	6498 a
C3	20,39 a	30,09 ab	1,47 a	334 abc	193,01 a	870,57 a	22,2 a	32,35 c	5966 a
C4	20,69 ab	30,71 ab	1,49 a	334 abc	208,60 a	923,75 a	22,6 a	30,95 bc	6740 a
C5	22,56 bc	34,00 b	1,51 a	333 abc	195,66 a	916,89 a	21,4 a	29,64 bc	6601 a
C6	22,75 c	31,85 ab	1,41 a	296 a	170,20 a	790,01 a	21,5 a	30,74 bc	5536 a
Testigos	21,71 abc	31,08 ab	1,44 a	386 bc	204,65 a	870,93 a	23,5 a	26,13 a	7832 a

taron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la población original (C0) y aquella más evolucionada (C6). Al igual que lo observado para el número de semillas por espiguilla, el valor medio correspondiente a las familias pertenecientes al C6 resultó el más bajo. El peso de 1000 semillas no varió significativamente a lo largo de los seis ciclos de selección recurrente; sin embargo, independientemente del ciclo, los valores medios resultaron significativamente superiores al de los testigos.

Al igual que el número de espigas por planta, el número de espiguillas por espiga se determina en una fase muy temprana del desarrollo del cultivo (Slafer & Rawson, 1994). Bajo condiciones de estrés hídrico el éxito reproductivo de la planta depende en gran medida del equilibrio que se alcance en la expresión de ambos caracteres (destinos). En tal sentido, Richards *et al.* (2001) señalan que un mecanismo de adaptación importante en trigo bajo condiciones de sequía es la capacidad de regulación del área foliar mediante la inhibición de macollos vegetativos. Por su parte, Maich *et al.* (2003) observaron que la relación tallos fértiles sobre tallos totales (eficiencia de transformación) disminuyó en un 11,9 % al cabo de tres ciclos de selección recurrente, a pesar de que la capacidad de macollaje incrementó en un 14,8 %. Sobre la base de los resultados que se discuten, la inhibición de macollos probablemente se vio potenciada por el mayor tamaño de las espigas en los ciclos más avanzados. Por otra parte, el número de semillas por espiguilla surge del número de flores fértiles y de la tasa de establecimiento de flores fértiles en granos. Teniendo en cuenta que el número de flores fértiles sufrió un incremento no significativo al cabo de seis ciclos de selección (datos no presentados), y que es típico en la región donde se realizó el ensayo una prolongación del estrés terminal más allá de la floración, la no variación en el número de semillas por espiguilla en las espigas con mayor potencial reproductivo tal vez se debió a un menor cuaje floral.

La inhibición de macollos, producto de la respuesta fisiológica de la planta a las características genéticas fijadas a nivel de estructuras reproductivas de la espiga, más la prolongación del estrés hídrico luego de la antesis, constituyen algunas de las causas por las que no se obtuvo un progreso genético significativo para el rendimiento al cabo de seis ciclos de selección recurrente. Por otra parte, el uso de distintos criterios de selección contrarrestó un tipo de respuesta correlacionada no deseada (disminución del peso de la semilla), aunque pudo haber conducido a un estancamiento en el progreso genético en cuanto al rendimiento en semilla. Este tipo de escala, si bien puede haber disminuido la tasa

anual de incremento del rendimiento, debería fortalecer el mejoramiento genético a largo plazo.

La evaluación de los distintos ciclos bajo condiciones de cultivo no limitantes sería de gran utilidad para establecer con certeza los mecanismos fisiológicos que interfieren en la expresión del rendimiento potencial.

En síntesis, obtener avance genético para el rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico no es tarea sencilla. La interpretación de las interacciones que ocurren durante las diferentes etapas de la determinación del rendimiento y la respuesta fisiológica de la planta a la manipulación genética se constituye en un desafío ineludible para el fitomejorador.

BIBLIOGRAFIA

- Bravant, P., J. Kervella, G. Doussinault, E. Piccard and M. Rousset, 1991. Effect of the first cycle of recurrent selection on a winter wheat population. *Agronomie* 11: 473-482.
- Cubero, J. I. 2003. Introducción a la mejora genética vegetal. Ed. Mundi-Prensa (segunda edición) 567 pp.
- García del Moral, L.F., Y. Rharrabti, D. Villegas and C. Royo, 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under mediterranean conditions: An ontogenyc approach. *Agron. J.* 95 (2): 266-274.
- Maich, R.H., L.E. Torres, G.A. Manera and M.E. Dubois, 2003. Grain yield improvement in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) after three cycles of recurrent selection. *J. Genet. & Breed.* 57: 201-206.
- Maich, R.H., Z.A. Gaido, G.A. Manera y M.E. Dubois, 2000. Two cycles of recurrent selection for grain yield in bread wheat. Direct effect and correlated responses. *Agriscientia* XVII:35-39.
- Olmedo – Arceaga, O.B., E.M. Elías and R.G. Cantrell, 1995. Recurrent selection for grain yield in durum wheat. *Crop Sci.* 35:714-719.
- Payne, T.S., D.D. Stuthman, R.L. McGraw and P.P. Bregitzer, 1986. Physiological changes associated with three cycles of recurrent selection for grain yield improvement in oat. *Crop Sci.* 26:734-736.
- Richards, R.A., Condon A.G. and G.J. Rebetzke, 2001. Traits to improve yield in dry environments. In : Application of physiology in wheat breeding. Reynolds M.P., Ortiz-Monasterio J.I. and A. McNab (eds.) Mexico, D.F.: CIMMYT Chap. VII p: 88-100
- Slafer, G.A. and F.H. Rawson, 1994. Sensitivity of wheat phasic development major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologist and modelers. *Aust. J. Plant Physiol.* 21:393-426
- Wollenweber, B., Porter J. R. and J. Schellberg, 2003. Lack of Interaction between extreme high-temperature events at vegetative and reproductive growth stages in wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 189 (3) :142-150.