

Características morfológicas relacionadas con la tolerancia a sequía en triticale

Morphological Traits Related to Drought Tolerance in Triticale

Javier Montejo-Hernández, Alejandro Javier Lozano-del Río*, Víctor Manuel Zamora-Villa, Carlos Javier Lozano-Cavazos, Luis Ibarra-Jiménez, Iliana de la Garza

Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Tel.: [844] 4 110254. E-mail: jlozrio@UAAN.mx; ajlozanodelrio@yahoo.com [*Autor responsable]

RESUMEN

El factor abiótico más importante que limita el crecimiento de los cultivos es la disponibilidad de agua. El rendimiento es el principal índice de selección bajo condiciones de estrés de humedad. La eficiencia de selección puede mejorarse si se identifican atributos morfológicos y/o fisiológicos ligados al rendimiento bajo ambientes de estrés y emplearse como criterio de selección complementario. Estas características deben estar relacionadas positivamente con la tolerancia al estrés y ser de fácil evaluación. El estudio se realizó en dos localidades del norte de México durante el ciclo otoño-invierno (OI) 2012-2013, en Zaragoza, Coah., y el verano de 2013, en Navidad, N.L., donde se evaluaron 33 genotipos de triticale bajo diferentes regímenes de humedad. El diseño experimental consistió de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en los cinco ambientes. Se realizaron análisis de varianza individuales por ambiente y combinados entre ambientes para las variables estudiadas. Las variables fueron: longitud de pedúnculo (LP), longitud de espiga (LE), peso seco de pedúnculo (PSP), peso seco de espigas (PSE), peso seco de hoja bandera (PSHB) y rendimiento de grano (RG). Se registraron diferencias estadísticas altamente significativas entre ambientes, tratamientos y la interacción ambientes x tratamientos. La prueba de comparación de medias entre los ambientes mostró que los ambientes con menor estrés hídrico reportaron los mayores valores para todas las características. Los análisis de regresión entre las variables morfológicas y agronómicas estudiadas y el rendimiento de grano mostraron una estrecha relación significativa y positiva con el rendimiento de grano, siendo factible la selección indirecta para tolerancia a sequía en triticale, particularmente la longitud del pedúnculo, la cual es una característica de fácil evaluación visual en campo, convirtiéndose en herramientas útiles en la selección de genotipos en ambientes con déficits de humedad.

Palabras clave: Triticale, *X Triticosecale* Wittmack, sequía, tolerancia.

ABSTRACT

The major abiotic factor limiting crop growth is the availability of water. Yield is the main indication of selection under moisture stress conditions. Selection efficiency can be improved identifying morphological and / or physiological attributes related to performance under stress environments as additional selection criteria. These characteristics should be positively related to stress tolerance and be easily evaluated. The study was conducted in two localities in northern Mexico during the fall-winter 2012-2013 in Zaragoza, Coahuila, and the summer of 2013 in Navidad, N.L., where 33 triticale genotypes under different moisture regimes were evaluated. A complete randomized design with three replications in five environments of moisture was used. Individual and combined analysis of variance between environments were performed. The variables were: peduncle length (PL), spike length (SL), peduncle dry weight (PDW), spikes dry weight (SDW), flag leaf dry weight (FLDW) and grain yield (GY). Highly significant differences between environments, treatments, and treatment x environment interaction were recorded. The mean test between environments showed that environments with lower water stress reported higher values for all traits. Regression analysis between morphological and agronomic variables and grain yield showed a significant and positive relationship. Indirect selection for drought tolerance in triticale is feasible, particularly peduncle length, which is of easy evaluation, becoming useful tools in the selection of genotypes in environments with moisture deficits.

Key words: Triticale, *X Triticosecale* Wittmack, drought, tolerance.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático que potencialmente llevará a un incremento en las temperaturas y pérdidas por evapotranspiración, y que eventualmente reducirá la precipitación, se espera que tenga un efecto particularmente negativo en la agricultura en muchos países en desarrollo (Rijsberman, 2006; TheWorld Bank, 2007; Lobell *et al.*, 2008).

El estrés abiótico reduce con frecuencia el crecimiento y la productividad de los cultivos, como es el caso de los cereales. El factor abiótico más importante que limita el crecimiento de los cultivos es la disponibilidad de agua (Araus *et al.*, 2002).

El rendimiento es el principal índice de selección bajo condiciones de estrés de humedad. La identificación de características morfológicas y fisiológicas responsables de la tolerancia a sequía debe considerarse en los programas de mejoramiento, ya que el rendimiento de grano y la resistencia a sequía son controlados por loci independientes (Morgan, 1984).

La eficiencia de selección puede mejorarse si se pueden identificar atributos morfológicos y/o fisiológicos ligados al rendimiento bajo un ambiente de estrés y emplearse como criterio de selección para complementar el mejoramiento tradicional (Acevedo, 1991). Estas características morfofisiológicas deben ser de alta heredabilidad, muy relacionadas con la tolerancia al estrés y de fácil evaluación.

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es un cultivo sintético que en la actualidad contribuye con más de 6 millones de toneladas por año a la producción mundial de cereales (Varughese, 1996).

Desde hace aproximadamente 30 años, se ha incrementado el interés en el uso del triticale como forraje a nivel mundial y nacional. Se ha reportado que tiene tolerancia superior a baja disponibilidad de nutrientes, sequía, heladas, suelos ácidos, aluminio y salinidad (Lelley, 2006).

La sequía es uno de los principales obstáculos para la producción de trigo bajo condiciones de secano en la región mediterránea y otras regiones geográficas similares, como el norte de México.

Los criterios de selección para tolerancia a sequía pueden ser herramientas útiles en los programas de mejoramiento de cereales como el trigo y el triticale.

Para evaluar la utilidad de algunas características morfológicas arriba del nudo de la hoja bandera como indicadores del rendimiento, Villegas *et al.*

(2007) evaluaron 10 genotipos de trigo duro bajo dos regímenes de humedad en dos localidades durante tres años en España. La longitud del pedúnculo, el peso y longitud de la espiga, el peso del pedúnculo y la espiga estuvieron significativamente relacionados con el rendimiento dentro de los ambientes. El peso del pedúnculo y la espiga fueron las características más relacionadas al rendimiento en los experimentos combinados y en las localidades bajo precipitación, mientras que en las localidades bajo riego la longitud de espiga fue mejor.

Algunos estudios (Kaul, 1974; Briggs y Aytenfisu, 1980) han reportado que los tejidos verdes encima del nudo de la hoja bandera son los principales responsables de la producción de carbohidratos que llenan los granos, ya que las hojas inferiores pierden rápidamente su capacidad de asimilación y mueren pronto bajo condiciones de sequía.

Se considera que la hoja bandera aporta la mayor contribución al rendimiento de grano por su corta distancia a la espiga y por permanecer verde por más tiempo que el resto de las hojas. Los carbohidratos son removilizados desde el pedúnculo de la espiga y la hoja bandera durante el llenado de grano (Zamski y Grunberger, 1995).

Briggs y Aytenfisu (1980) encontraron una asociación entre pedúnculos cortos y alto rendimiento de grano. El pedúnculo, localizado en el primer entrenudo bajo la espiga, tiene una diversidad de funciones críticas en la productividad de los cereales.

El desarrollo del sistema vascular en el pedúnculo es esencial para transportar los fotosintatos para el llenado de grano (Wardlaw, 1990). El alargamiento de la parte expuesta del pedúnculo reduce el riesgo de infecciones foliares en la espiga al aumentar la distancia entre las hojas superiores y la misma (Gebbing, 2003). Bajo estrés de sequía o temperaturas altas, este órgano (y en particular la parte expuesta) mantiene un potencial hídrico significativamente mayor que la hoja bandera (Wardlaw, 2002).

La parte superior del pedúnculo desarrolla un metabolismo autotrófico de carbohidratos como en la hoja cuando está expuesto a alta irradiación, contribuyendo en una alta proporción a la fotosíntesis del tallo (Wardlaw, 1965; Wang *et al.*, 2001; Evans y Rawson, 1970). Wang *et al.* (2001) sugieren que la fotosíntesis en la parte expuesta del pedúnculo y la vaina de la hoja bandera contribuyen con 9-12% del peso de grano en trigo, dependiendo de la variedad.

Kong *et al.* (2010) concluyen que los pedúnculos expuestos poseen ventajas anatómicas, ultraestruc-

turales y fisiológicas sobre la hoja bandera para la fotosíntesis. Estas ventajas son especialmente obvias en las últimas etapas del llenado de grano, debido a una mayor densidad estomatal y una mayor actividad de la enzima fosfoenolpiruvato-carboxilasa (PEPC) tolerante al calor, lo que le da al pedúnculo una habilidad superior para adaptarse a las condiciones ecológicas de la fase final del llenado de grano. Concluyen que los pedúnculos expuestos tienen una fuerte capacidad fotosintética y proporcionan asimilados para el desarrollo de los granos durante la etapa de llenado. Este efecto puede ser el resultado de diferencias en la absorción de energía, ya que el pedúnculo tiene una menor área comparada con las hojas y espigas, y con ello mayor capacidad de convertir y conducir el calor desde su superficie.

El hecho de que pedúnculos más largos eleven la parte superior de la planta sobre el resto del dosel donde hay más movimiento del aire que dentro del dosel, también incluye una mayor relación con la temperatura del aire.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en dos localidades del norte de México, durante el ciclo OI 2012-2013 en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad

Cuadro 1. Material genético utilizado en la evaluación de la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes en los ciclos OI 2012-2013 y verano 2013.

Tratamiento	Familias	Cruza	Tratamiento	Familias	Cruza
1	AN-2-2010	AN-123 x ABT	18	AN-65-2010	Eronga x ABT
2	AN-3-2010	AN-123 x ABT	19	AN-80-2010	AN-137 x ABT
3	AN-8-2010	AN-123 x ABT	20	AN-82-2010	AN-137 x ABT
4	AN-12-2010	AN-123 x ABT	21	AN-83-2010	AN-137 x ABT
5	AN-13-2010	AN-123 x ABT	22	AN-90-2010	AN-137 x ABT
6	AN-24-210	AN-123 x ABT	23	AN-101-2010	AN-38 x ABT
7	AN-28-2010	AN-123 x ABT	24	AN-102-2010	AN-38 x ABT
8	AN-31-2010	AN-123 x ABT	25	AN-107-2010	AN-38 x ABT
9	AN-33-2010	AN-123 x ABT	26	AN-123-2010	AN-105 x ABT
10	AN-34-2010	AN-123 x ABT	27	AN-123 ♀	Progenitor
11	AN-39-2010	AN-123 x ABT	28	AN-125 ♀	Progenitor
12	AN-42-2010	AN-125 x ABT	29	AN-137 ♀	Progenitor
13	AN-49-2010	AN-125 x ABT	30	AN-38 ♀	Progenitor
14	AN-50-2010	AN-125 x ABT	31	AN-105 ♀	Progenitor
15	AN-55-2010	AN-125 x ABT	32	Eronga 83 ♀	Progenitor
16	AN-60-2010	AN-125 x ABT	33	ABT ♂	Progenitor
17	AN-61-2010	AN-125 x ABT			

* Familias F2:7; ♀: progenitores femeninos; ♂: progenitor masculino.

Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el municipio de Zaragoza, Coah., ubicado geográficamente entre las coordenadas 28° 36' 25" LN y 100° 54' 35" LO del meridiano de Greenwich, con una altitud de 335 msnm, y durante el ciclo OI 2012-2013 y el verano de 2013 en el Campo Agrícola Experimental de la UAAAN en Navidad, municipio de Galeana, N.L., ubicado entre las coordenadas 25° 04' LN y 100° 56' LO, con una altitud de 1895 msnm.

Se evaluaron 33 genotipos de triticale forrajero, los genotipos evaluados fueron proporcionados por el Proyecto Triticale del Programa de Cereales de la UAAAN (Cuadro 1). En las dos localidades, la preparación del terreno para este experimento consistió en las labores normales para acondicionar el suelo para un buen desarrollo de las plantas, esto es, barbecho, rastreo doble y nivelación.

Los experimentos de campo fueron conducidos de la siguiente manera en Zaragoza, donde se evaluaron los genotipos bajo tres diferentes ambientes: 1) Irrigación normal (riegos a la siembra, amacollamiento, inicio de embuche, floración y llenado de grano) con fertilización; 2) Irrigación normal sólo hasta floración, con fertilización; 3) Irrigación normal, con un corte para forraje en la etapa de inicio de encañe y posterior evaluación para grano, con fertilización. En Navidad, se evaluaron los genotipos bajo dos ambientes durante el verano de 2013; 4) riego a la siembra, inicio de encañe y espigamiento, con fertilización, y 5) Riego a la siembra, inicio de encañe y espigamiento, sin fertilización. En el Cuadro 2, se presenta el resumen del manejo agronómico de cada uno de los cinco ambientes de evaluación y su clasificación en base al estrés de humedad aplicado.

Para evaluar las variables de estudio, se colectaron al azar muestras representativas de cinco tallos principales en un surco interno de cada parcela en madurez fisiológica y las partes del entrenudo superior, incluyendo las espigas, pedúnculos y hoja bandera fueron separadas en el laboratorio.

Las variables registradas en estas muestras fueron las siguientes: longitud de pedúnculo (LP), longitud de espiga (LE), peso seco de pedúnculo (PSP), peso seco de espigas (PSE), peso seco de hoja bandera (PSHB).

El rendimiento de grano (RG), se estimó muestreando en la etapa de madurez para cosecha las plantas completas en un área de 0.18 m² (0.60 x 0.30) de un surco con competencia completa de cada parcela, se trillaron, registrando el peso en gramos de cada parcela y se transformó a toneladas por hectárea. El área experimental para cada unidad experimental en todos los ambientes constó de seis surcos de 5 m de largo por 30 cm entre hileras (9.0 m²).

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en cada uno de los cinco ambientes. Se realizaron análisis de varianza individuales por ambiente y combinados entre ambientes, para cada una de las variables estudiadas. Se realizaron pruebas de comparación de medias por ambiente y combinado entre ambientes para cada una de las variables estudiadas, utilizando la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Steel y Torrie, 1992).

Asimismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las características estudiadas con el fin de precisar la exactitud de la conducción del experimento. Se realizaron análisis de regresión entre

Cuadro 2. Manejo agronómico de cinco ambientes en la evaluación de la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale.

Ambiente	Localidad	Fecha de siembra	Fertilización total	Riegos (No.)	Sistema de riego	Lámina total de riego* [cm]	Clasificación
1	Zaragoza, Coah.	13-12-2012	167-00-00	5	Gravedad	69.2	Sin estrés
2	Zaragoza, Coah.	13-12-2012	167-00-00	4	Gravedad	59.2	Estrés moderado
3	Zaragoza, Coah.	13-11-2012	237-00-00	6	Gravedad	79.2	Sin estrés (rebrote)
4	Navidad, N.L.	05-06-2013	120-00-00	3	Aspersión	27.5	Estrés severo
5	Navidad, N.L.	05-06-2013	00-00-00	3	Aspersión	27.5	Estrés severo

*Incluyendo precipitación pluvial.

el rendimiento de grano y las características morfológicas antes mencionadas para establecer el grado de asociación entre ellas.

Los análisis de varianza de las variables agronómicas y pruebas de comparación de medias se realizaron con el paquete estadístico SAS 8.1 (1999) y las gráficas fueron realizadas con Microsoft Excel (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presenta el análisis de varianza combinado entre ambientes, donde se observa que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre ambientes, tratamientos y la interacción ambientes x tratamientos.

La prueba de comparación de medias entre los ambientes mostró que los ambientes con menor estrés hídrico reportaron los mayores valores para todas las características (Cuadro 4).

Asimismo, la prueba de comparación de medias entre tratamientos del análisis combinado (Cuadro 5) registró diferencias estadísticas altamente significativas entre los genotipos para todas las variables, evidenciando la variabilidad genética entre los mismos.

Los análisis de regresión entre las variables morfológicas y agronómicas estudiadas y el rendimiento de grano mostraron una estrecha relación significativa y positiva con el rendimiento de grano, concordando con lo reportado por Morgan (1984), quien menciona que la identificación de características

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre ambientes para las variables estudiadas en la evaluación de la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

FV	GL	LP	LE	PSP	PSE	PSHB	RG
Ambientes	1	1784.460**	231.709**	12.769**	1638.187**	13.154**	106.4**
Rep (Amb)	4	29.170**	1.734**	0.075 ns	5.019*	0.044 ns	0.4*
Tratamientos	32	28.902**	4.313**	0.336**	11.342**	0.220**	1.5**
Amb*Trat	32	8.112*	0.716**	0.076**	3.897**	0.051**	0.4**
Error	128	6.068	0.396	0.045	2.380	0.027	0.19
Total	197						
CV		7.1%	5.4%	15.4%	13.3%	12%	22.7%

ns: no significativo, * significativo al 5% y **altamente significativo al 1% de probabilidad, respectivamente.

Cuadro 4. Variables evaluadas del análisis combinado al estudiar la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

Ambientes	LP	LE	PSP	PSE	PSHB	RG
1	38.3a	12.8 ^a	1.742a	15.493a	1.691 ^a	3.133a
2	37.3b	12.6ab	1.602b	14.319b	1.639 ^a	2.574b
3	36.07c	12.4b	1.559b	13.537c	1.567b	2.366c
4	29.7d	9.9c	1.021c	7.376d	1.017c	0.890d
5	29.5d	9.7c	0.962c	6.902d	0.931d	0.847d

LP: longitud de pedúnculo; LE: longitud de espiga; PSP: peso seco de pedúnculo; PSE: peso seco de espiga; PSHB: peso seco de hoja bandera; RG: rendimiento de grano.

Cuadro 5. Análisis combinado entre ambientes, al estudiar la relación entre características morfológicas de la planta y el rendimiento de grano en 33 genotipos de triticale bajo cinco condiciones ambientales diferentes.

Tratamiento	LP	LE	PSP	PSE	PSHB	RG
1	35.25 abcde	10.79 jk	1.23 fgh	9.86 gh	1.23 hijk	1.88 cdefghi
2	36.02 abc	11.26 fghij	1.42 abcdefg	11.76 abcdefgh	1.45 abcdefgh	1.55 fghi
3	32.49 def	11.15 ghijk	1.16 gh	12.12 abcdef	1.29 efghijk	1.90 cdefghi
4	33.77 bcdef	12.27 abcd	1.40 bcdefgh	12.19 abcdef	1.56 abc	1.87 cdefghi
5	33.74 bcdef	12.30 abc	1.46 abcdef	12.01 abcdefg	1.45 abcdefgh	2.09 bcdefg
6	33.36 bcdef	11.52 bcdefghij	1.30 defgh	11.50 abcdefgh	1.42 abcdefghij	2.05 bcdefgh
7	34.72 bcdef	12.17 abcde	1.38 bcdefgh	12.08 abcdef	1.43 abcdefghi	2.17 bcde
8	31.48 f	11.91 abcdefgh	1.29 defgh	11.54 abcdefgh	1.41 abcdefghij	1.89 cdefghi
9	33.82 bcdef	11.99 abcdefgh	1.55 abcde	12.42 abcde	1.41 abcdefghij	1.91 cdefghi
10	34.80 bcdef	12.34 ab	1.44 abcdefg	12.32 abcde	1.47 abcdefg	2.07 bcdefgh
11	34.13 bcdef	11.42 defghij	1.44 abcdefg	11.32 abcdefgh	1.30 defghijk	1.99 bcdefgh
12	33.46 bcdef	11.30 efghij	1.21 fgh	11.24 abcdefgh	1.27 fghijk	2.00 bcdefgh
13	32.99 cdef	11.60 abcdefghij	1.32 defgh	10.68 bcdefgh	1.37 abcdefghij	1.95 bcdefghi
14	34.04 bcdef	11.46 cdefghij	1.32 defgh	10.93 bcdefgh	1.48 abcdef	1.36 i
15	32.75 cdef	11.42 cdefghij	1.10 h	11.54 abcdefgh	1.32 defghijk	1.47 ghi
16	33.23 cdef	10.96 ijk	1.12 h	10.30 efgh	1.28 fghijk	1.55 fghi
17	33.68 bcdef	12.05 abcdef	1.30 defgh	11.83 abcdefgh	1.33 cdefghijk	1.87 cdefghi
18	34.78 bcdef	12.11 abcdef	1.31 defgh	11.43 abcdefgh	1.40 abcdefghij	1.92cdefghi
19	32.35 ef	11.67 abcdefghi	1.19 fgh	9.80 h	1.24 ghijk	1.78cdefghi
20	33.74 bcdef	11.94 abcdefgh	1.25 fgh	11.52 abcdefgh	1.41 abcdefghij	2.21bcd
21	33.98 bcdef	11.46 cdefghij	1.44 abcdefg	11.02 bcdefgh	1.57 ab	1.66defghi
22	34.38 bcdef	10.92 ijk	1.25 efgh	10.15 fgh	1.20 jk	1.44hi
23	35.71 abcde	11.39 efghij	1.38 bcdefgh	10.46 cdefgh	1.35 bcdefghij	1.82cdefghi
24	35.92 abcd	10.29 k	1.42 abcdefg	10.44 defgh	1.28 fghijk	1.91cdefghi
25	34.48 bcdef	12.40 a	1.71 a	12.79 ab	1.60 a	2.21bcd
26	36.75 ab	12.03 abcdefg	1.57 abcd	12.60 abc	1.51 abcde	2.02bcdefgh
27	34.82 bcdef	11.27 fghij	1.65 ab	13.25 a	1.33 defghijk	2.30bc
28	33.83 bcdef	10.85 ijk	1.35 cdefgh	11.12 abcdefgh	1.20 ijk	2.31bc
29	33.71 bcdef	10.82 ijk	1.36 bcdefgh	11.90 abcdefgh	1.11 k	2.16bcdef
30	35.09 bcde	11.11 hijk	1.58 abcd	12.66 ab	1.36 bcdefghij	2.95a
31	32.84 cdef	11.17 ghijk	1.44 abcdefg	11.62 abcdefgh	1.26 fghijk	2.20bcde
32	38.70 a	11.40 defghij	1.62 abc	12.52 abcd	1.19 jk	2.55ab
33	34.63 bcdef	12.13 abcdef	1.34 cdefgh	11.33 abcdefgh	1.53 abcd	1.58efghi

LP: longitud de pedúnculo; LE: longitud de espiga; PSP: peso seco de pedúnculo; PSE: peso seco de espiga; PSHB: peso seco de hoja bandera; RG: rendimiento de grano.

morfológicas y fisiológicas responsables de la tolerancia a sequía debe considerarse en los programas de mejoramiento, ya que el rendimiento de grano y la resistencia a sequía son controlados por loci independientes.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Acevedo (1991), que menciona que la eficiencia de selección puede mejorarse si se pueden identificar atributos morfológicos y/o fisiológicos ligados al rendimiento bajo un ambiente de estrés y emplearse como criterio de selección para complementar el mejoramiento tradicional, como fue el caso para las características morfofisiológicas evaluadas en este estudio, particularmente la longitud del pedúnculo que puede ser fácilmente evaluada en forma visual en el campo.

Los resultados de este estudio también concuerdan con lo reportado por Villegas *et al.* (2007), quienes encontraron que la longitud del pedúnculo, el peso y longitud de la espiga, el peso del pedúnculo y la espiga estuvieron relacionados significativamente con el rendimiento.

El peso del pedúnculo y la espiga fueron las características más relacionadas con el rendimiento en los experimentos combinados y en las localidades de secano, mientras que en las localidades bajo riego la longitud de espiga fue mejor.

En este estudio, los coeficientes de determinación (R^2) entre el rendimiento y las características evaluadas fueron, respectivamente: LP: 0.68; LE: 0.61; PSE: 0.79; PSP: 0.68, y PSHB: 0.60, todas ellas relacionadas positiva y significativamente con el rendimiento de grano (Cuadros 1-5), respectivamente.

CONCLUSIONES

Las variables morfológicas y agronómicas estudiadas se correlacionaron positiva y significativamente con el rendimiento, siendo factible la selección indirecta para tolerancia a sequía en triticale, particularmente la longitud del pedúnculo, la cual es una característica de fácil evaluación visual en campo, convirtiendo estas características en herramientas útiles en la selección de genotipos en ambientes de estrés hídrico.

LITERATURA CITADA

ACEVEDO, E. 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. pp. 273-305. In: Acevedo, E. (Ed): Physiology-Breeding of Winter Cereals for

Stressed Mediterranean Environments. Le Colloque No. 55, INRA, Paris.

ARAUS, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds, and C. Royo. 2002. Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot London* 89: 925-940.

BRIGGS, K.G. and A. Aytenfisu. 1980. Relationship between morphological characters above the flag leaf node and grain yield in spring wheat. *Crop Sci.* 20, 350-354.

EVANS, L.T. and H.M. Rawson. 1970. Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of the ear during grain development in wheat. *Australian J. Biol. Sci.* 23(3): 245-254.

GEBBING, T. 2003. The enclosed and exposed part of the peduncle of wheat (*Triticum aestivum*) - spatial separation of fructan storage. *New Phytol.* 159: 245-252.

KAUL, R. 1974. Potential net photosynthesis in flag leaves of severely drought-stressed wheat cultivars and its relationship to grain weight. *Can. J. Plant Sci.* 53, 811-815.

KONG, L., F. Wang, B. Feng, S. Li, J. Si and B. Zhang. 2010. The structural and photosynthetic characteristics of the exposed peduncle of wheat (*Triticum aestivum* L.): an important photosynthate source for grain-filling. *BMC plant biology.*10: 141.

LELLEY, T. 2006. Triticale: A low-input cereal with untapped potential, pp. 395-430. In: Singh, R. J. Jauhar, P.P (eds.). Genetic Resources Chromosome Engineering and Crop Improvement. Vol. 2: Cereals. Boca Raton (FL): CRC Press, Taylor Francis Group, FL.

LOBELL, D.B., M.B. Burke, C. Tebaldi, M.D. Mastrandrea, W.P. Falcon and R.L. Naylor. 2008. Priorizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Nature* 319: 607-610.

MORGAN, J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35, 299-319.

RIJSBERMAN, F.R. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agric. Water Manage.* 80: 5-22.

SAS Institute Inc. 1999. User's Guide. Statistics, Version 8.1. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA.

STEEL R., G.D. y Torrie, J.H. 1992. Bioestadística. Principios y procedimientos. Editorial Graf América, México, 622 pp.

The World Bank. 2007. World Development Report 2008. Agriculture for Development. Washington, D.C. <http://siteresources.Worlbank.org/INTWDR2008/Resources/WDR-00-book.pdf>. 364 pp.

VARUGHESE, G. 1996. Triticales: present status and challenges and tomorrow. Kluwer Academic, Deventer, The Netherlands, pp. 13-20.

VILLEGAS, D., L.F. García del Moral, Y. Rharrabti, V. Martos, and C. Royo. 2007. Morphological traits above flag leaf node as indicators of drought susceptibility index in durum wheat. *J. Agronomy & Crop Science.* 193: 103-116.

- WANG, Z. M., A. L. Wei, and D.M. Zheng. 2001. Photosynthetic characteristics of non-leaf organs of Winter wheat cultivars differing in ear type and their relationship with grain mass per ear. *Photosynthetica*, 39(2): 239-244.
- WARDLAW, I.F. 1965. The velocity and pattern of assimilate translocation in wheat plants during grain development. *Aust. J. Biol. Sci.* 18: 269-281.
- WARDLAW, I.F. 1990. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytol.* 116: 341-381.
- WARDLAW, I.F. 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. *Ann. Bot. Lon.* 90 (3): 469-476.
- ZAMSKI, E. and Y. Grunberger. 1995. Short-and long-eared high-yielding hexaploid wheat cultivars: which has unexpressed potential for higher yield? *Ann. Bot. Lon.* 75(5): 501-506.