

## CARACTERIZACION DE LAS RELACIONES HIDRICAS INTERNAS DEL CULTIVO TRITICALE (*X. triticosecale* Wittmack)

Rodolfo Faz Contreras<sup>1</sup>  
Rodolfo Jasso Ibarra<sup>2</sup>

### RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el comportamiento de las relaciones hídricas del cultivo Triticale (*X. triticosecale* Wittmack) bajo diferentes condiciones de humedad. El experimento se estableció en Buenavista, Coahuila, en el ciclo agrícola otoño-invierno de 1985-86. Los tratamientos de humedad fueron en base a la aplicación de diferentes láminas de riego.

Se encontró que las relaciones hídricas del triticale fueron modificadas por el efecto de los déficit que se provocaron, y que el cultivo se osmorreguló en una magnitud de 0.19 y 0.35 MPa, en base al potencial de presión máximo ( $\Psi_p$  máx.), en 2 diferentes fechas de muestreo.

La elasticidad celular fue modificada por el efecto de los tratamientos.

### INTRODUCCION

En las zonas áridas del Norte de México, la escasa disponibilidad de agua es un problema serio que afecta a la actividad agrícola. Durante su desarrollo los cultivos se ven sometidos a déficit de humedad de diferente duración e intensidad, que limitan su potencial de producción.

Esta situación, pone de manifiesto la necesidad de generar información que permita conocer el comportamiento de los cultivos bajo condiciones de

---

1 Alumno del Programa de Graduados, Esp. Riego y Drenaje de la UAAAN.

2 Ing. M.C. Maestro Investigador del Depto. de Riego y Drenaje, Div. de Ingeniería, UAAAN.

Al graficar los datos obtenidos por  $P-V$ , la savia expulsada en el eje de las abscisas, y el recíproco del  $\Psi h$  en el eje de las ordenadas, las curvas presentan una pendiente muy fuerte, y después cambian bruscamente formando una línea con una pendiente suave, que tiende a ser paralela con el eje de las abscisas; esta porción lineal describe el comportamiento osmótico del tejido, cuando la turgencia es cero, mediante regresión de esta parte de la curva se obtiene una ecuación entre  $\Psi_s$  y los volúmenes expulsados, después por diferencia con el  $\Psi h$ , se obtiene el  $\Psi_p$  (Ehlig y Gardner, 1964, Jones y Turner, 1978; Wilson *et al.*, 1979; Cutler *et al.*, 1979; y Bolaños y Longstreth, 1984).

El  $\epsilon$  es la pendiente de la curva que se genera al graficar  $\Psi_p$  y los volúmenes extraídos (Zimmermann, 1978; y Wilson *et al.*, 1979). El  $\epsilon$  es una función del  $\Psi_p$  y del volumen celular (Zimmermann, 1978; y Husken *et al.*, 1978) y es un indicador de las propiedades mecánicas de la pared celular (Cutler *et al.*, 1980). Valores bajo de  $\epsilon$  indican células más elásticas (Morgan, 1984). Y a baja elasticidad las paredes celulares son más rígidas, y ayudan a mantener valores altos de CRA, en el punto de plasmólisis incipiente (Frank *et al.*, 1984).

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció el 25 de enero de 1986, en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son:  $50^{\circ}23'$  latitud norte,  $101^{\circ}01'$  longitud oeste y 1 743 msnm. El clima es BWhw''(e) de acuerdo al sistema de clasificación de W. Koppen. La temperatura media anual es de  $17.1^{\circ}\text{C}$ , y la evaporación media anual es de 1 966 mm. Bajo estas condiciones, los cultivos se ven seriamente afectados cuando el suministro de humedad es inadecuado.

El suelo donde se desarrolló el cultivo es profundo, de textura arcillosa y sin problema de sales; contiene un 2.7% de materia orgánica en los primeros 30 cm del perfil, y un pH de 8.7 ligeramente alcalino.

Para este trabajo se utilizaron plantas que recibieron diferentes tratamientos de humedad dentro de un experimento de riegos, llevándose en forma adyacente la historia de la humedad, que fue la siguiente: el primer riego se aplicó al momento de la siembra; a los 14 y 35 días, respectivamente, se dieron 2 riegos ligeros más, para asegurar el establecimiento del cultivo (entre los 3 riegos, sumaron una lámina de 24 cm). A los 61 días recibió el

Al graficar los datos obtenidos por  $P-V$ , la savia expulsada en el eje de las abscisas, y el recíproco del  $\Psi h$  en el eje de las ordenadas, las curvas presentan una pendiente muy fuerte, y después cambian bruscamente formando una línea con una pendiente suave, que tiende a ser paralela con el eje de las abscisas; esta porción lineal describe el comportamiento osmótico del tejido, cuando la turgencia es cero, mediante regresión de esta parte de la curva se obtiene una ecuación entre  $\Psi_s$  y los volúmenes expulsados, después por diferencia con el  $\Psi h$ , se obtiene el  $\Psi_p$  (Ehlig y Gardner, 1964, Jones y Turner, 1978; Wilson *et al.*, 1979; Cutler *et al.*, 1979; y Bolaños y Longstreth, 1984).

El  $\epsilon$  es la pendiente de la curva que se genera al graficar  $\Psi_p$  y los volúmenes extraídos (Zimmermann, 1978; y Wilson *et al.*, 1979). El  $\epsilon$  es una función del  $\Psi_p$  y del volumen celular (Zimmermann, 1978; y Husken *et al.*, 1978) y es un indicador de las propiedades mecánicas de la pared celular (Cutler *et al.*, 1980). Valores bajo de  $\epsilon$  indican células más elásticas (Morgan, 1984). Y a baja elasticidad las paredes celulares son más rígidas, y ayudan a mantener valores altos de CRA, en el punto de plasmólisis incipiente (Frank *et al.*, 1984).

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció el 25 de enero de 1986, en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son:  $50^{\circ}23'$  latitud norte,  $101^{\circ}01'$  longitud oeste y 1 743 msnm. El clima es BWhw''(e) de acuerdo al sistema de clasificación de W. Köppen. La temperatura media anual es de  $17.1^{\circ}\text{C}$ , y la evaporación media anual es de 1 966 mm. Bajo estas condiciones, los cultivos se ven seriamente afectados cuando el suministro de humedad es inadecuado.

El suelo donde se desarrolló el cultivo es profundo, de textura arcillosa y sin problema de sales; contiene un 2.7% de materia orgánica en los primeros 30 cm del perfil, y un pH de 8.7 ligeramente alcalino.

Para este trabajo se utilizaron plantas que recibieron diferentes tratamientos de humedad dentro de un experimento de riegos, llevándose en forma adyacente la historia de la humedad, que fue la siguiente: el primer riego se aplicó al momento de la siembra; a los 14 y 35 días, respectivamente, se dieron 2 riegos ligeros más, para asegurar el establecimiento del cultivo (entre los 3 riegos, sumaron una lámina de 24 cm). A los 61 días recibió el

primer riego en base a tratamientos de humedad, aplicándose láminas calculadas de: 18, 10.8 y 5.4 cm. A los 105 días se aplicó un último riego, con láminas calculadas de: 28. 17 y 7.4 cm, respectivamente, en el mismo orden de tratamientos.

Las láminas de riego se calcularon al multiplicar la evaporación acumulada  $E_o$  entre un riego y otro (medida con un tanque evaporímetro tipo A), para los factores: 1.0, 0.6 y 0.3, correspondientes a los tratamientos  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , respectivamente.

Es importante mencionar que a los 86 días cayó una lluvia de 3.58 cm, y a los 91, 93 y 94 días, se presentaron precipitaciones inapreciables. Sin embargo, el total de lluvia se restó de la evaporación acumulada en la estimación de las láminas de riego.

El primer muestreo de plantas para determinar las curvas características de  $P-V$ , se realizó a los 84 días, y el segundo a los 113 días. Para coleccionar la muestra se seleccionó una hoja bandera sana y representativa de la población; después de cortarse se introdujo en un recipiente con agua destilada y, de esta manera, se trasladó al laboratorio.

Para determinar las curvas de  $P-V$  se utilizó una bomba Scholander, que consiste de una cámara hermética, a la que se aplican presiones mediante nitrógeno comprimido; en este caso se utilizó aire. La hoja se ensambló con el pecíolo hacia el interior de la cámara y se sumergió en agua destilada; enseguida se le aplicó una presión de 0.2 MPa para saturar la hoja, para después invertir el proceso; es decir, se cubrió la hoja con un trapo húmedo para evitar deshidratación, y se introdujo en el interior de la cámara con el pecíolo hacia el exterior, donde se colocó un tubo de ensayo, relleno de papel absorbente previamente pesado, para coleccionar la savia que fuera fluyendo al aplicar las presiones.

El procedimiento se repitió en cada incremento de presión; una vez terminado el proceso, se retiraba la hoja de la cámara y se pesaba; después se introducía a una estufa a 70°C durante 18 horas y, por último, se obtenía el peso seco de la hoja. Con esta información se obtuvo el CRA de la siguiente manera:

$$CRA = \frac{V_o - \sum V_j}{V_o}$$

donde  $V_0$  = volumen total de agua correspondiente a la diferencia entre peso a saturación de la hoja y el peso seco de la misma;  $\sum V_j$  = volumen de agua acumulada exudada de la hoja. Una vez calculado el CRA se graficó contra los recíprocos de las presiones, obteniéndose de esta manera las curvas de P-V (Wilson *et al.*, 1979; Cutler *et al.*, 1979). De las curvas fue posible separar los componentes del  $\Psi_h$  y a partir de  $\Psi_p$  y de CRA el módulo de elasticidad.

### RESULTADOS

La primera fecha en que se construyeron las curvas de P-V, fue a los 84 días después de la siembra, y el período más largo que transcurrió sin riego, fue de 23 días (previo al muestreo). A los 29 días después se realizó el segundo muestreo, y el período más largo sin riego fue de 44 días, aunque durante este lapso cayó una lluvia de 3.5 mm.

En la Figura 1 se observa el comportamiento de las curvas de P-V del primer muestreo; las curvas de los diferentes tratamientos entre sí se comportaron en forma muy semejante; esto es, una pendiente fuerte a valores gran-

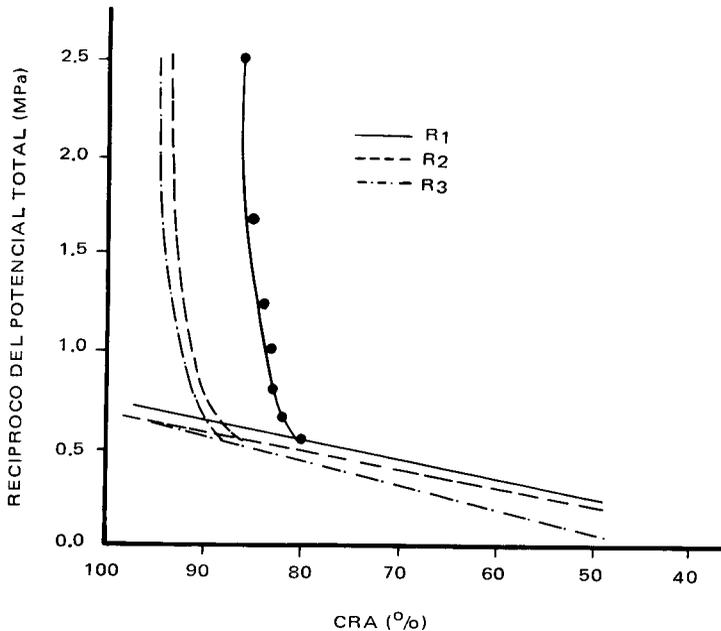


Figura 1. Curvas de presión-volumen determinados 23 días después de un riego.

des de  $\Psi h$ , y a medida de que éste se hizo más negativo 1.5 MPa, la pendiente sufrió un cambio brusco, tendiendo a hacerse la curva asintótica con el eje de las abscisas, tal y como lo menciona Cutler *et al.*, 1979. La diferencia que se manifestó entre tratamientos fue la forma en que se acomodaron dichas curvas, quedando más a la izquierda las curvas de los tratamientos que recibieron menor lámina de riego  $R_3$ , y hacia la derecha los de los tratamientos con mayor lámina  $R_1$ .

Por lo que respecta al segundo muestreo, se presentan las curvas; básicamente se observan las mismas tendencias que las del muestreo anterior, sólo que en este caso las pendientes de las curvas de los tratamientos  $R_1$  y  $R_2$ , son más suaves en la parte inicial; también se observa que el desplazamiento hacia la derecha del tratamiento  $R_1$ , es mayor.

Los puntos inferiores de las curvas de ambos muestreos, se ajustaron a una recta (como se observa en ambas figuras) mediante regresión lineal, la cual describe el comportamiento osmótico del tejido; al extrapolar esta recta hacia el eje de las ordenadas, se determinó el valor de  $\Psi_s$ , a máxima turgencia del tejido. De este valor se determinó el  $\Psi_p$  a turgencia máxima; en esta condición el  $\Psi_s$  y el  $\Psi_p$ , son de la misma magnitud, pero con signo diferente (100% CRA). Con la ecuación de la recta del comportamiento osmótico, por diferencia se calcularon los valores  $\Psi_p$ , donde permanece turgente el tejido, así como de las figuras se determinó también el contenido relativo de agua a plasmólisis incipiente ( $CRA^0$ ), que es el punto donde la pendiente cambia bruscamente. Con los valores de  $\Psi_p$  calculados y los valores correspondientes de CRA, se ajustaron a una regresión, y todas las curvas dieron valores de coeficiente de determinación de 0.9; el más bajo fue de 0.89, por lo que se puede decir que el comportamiento es lineal y, en tal caso, el módulo de elasticidad es la tangente de la recta; esto coincide con lo reportado por Wilson *et al.*, 1979.

En el Cuadro 1 se observan los valores de  $CRA^0$ ,  $\Psi_p$  máx y de  $\epsilon$ ; los valores de  $CRA^0$  indican que las células se deshidrataron menos en los tratamientos que recibieron menor lámina, así como los valores del  $\Psi_p$  máx indican que el tejido alcanzó mayor turgencia en los tratamientos que recibieron menor lámina y la misma tendencia presentaron los valores de  $\epsilon$  indicando mayor rigidez celular en los tratamientos  $R_3$ .

**Cuadro 1. Parámetros físicos de los tejidos relacionados en la curva presión-volumen en 2 fechas de muestreo.**

Fecha de muestreo	Nivel de riego	CRA <sup>o</sup>	$\Psi$ p Max. MPa	$\epsilon$ MPa
19 de abril 1986	1.0 Eo	79.94	1.35	5.62
	1.6 Eo	86.34	1.49	9.81
	0.3 Eo	88.35	1.54	11.55
18 de mayo 1986	1.0 Eo	76.39	1.25	1.97
	0.6 Eo	82.03	1.40	5.32
	0.6 Eo	91.73	1.60	17.29

Eo = Evaporación acumulada de un tanque evaporímetro tipo "A"

## DISCUSION

La tendencia que se encontró en las curvas coinciden con las encontradas en trigo por Frank *et al.* (1984); esto es, menor pérdida de agua a medida que se incrementa la presión en las hojas del cultivo, que estuvieron sometidas a mayores déficit de agua. El comportamiento de los puntos obtenidos en la parte turgente del tejido, indican que éste se deshidrata más rápidamente, cuando las hojas tuvieron una mayor disponibilidad de agua (Figura 2). Las curvas obtenidas en los tratamientos R<sub>3</sub>, se deshidrataron en un menor grado, manteniendo altos valores de CRA. En cuanto al comportamiento de los segmentos lineales, las mayores pendientes las presentaron los tratamientos R<sub>3</sub>, lo que indica mayor retención de agua simplástica; esto también fue encontrado por Frank *et al.*, en 1984.

Los valores de contenido relativo de agua a plasmólisis incipiente (CRA<sup>o</sup>), son mayores en los tratamientos R<sub>3</sub>, debido a que el tejido se deshidrató menos, aún con los valores de  $\Psi$  h más negativos; esto se contrapone a lo encontrado por Frank *et al.* (1984), quienes reportan que el CRA<sup>o</sup> no presentó cambios al aplicar déficit a las plantas de trigo, y lo consideró como un parámetro sin sensibilidad. En este trabajo, las mayores diferencias se encontraron en el segundo muestreo, y fueron de 15.34%.

El  $\Psi$  p máximo (CRA a 100%), fue mayor en los tratamientos R<sub>3</sub>, debido a que la planta tiende a mantener la turgencia conforme sufra los dé-

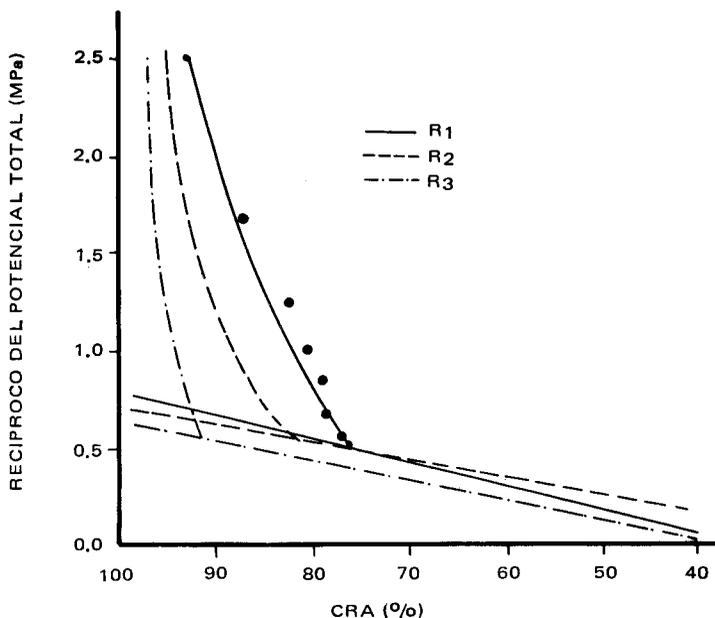


Figura 2. Curvas de presión-volumen determinados a los 113 días después de la siembra.

ficit de agua; esta tendencia la reportaron: Jones y Turner en 1978; Cutler *et al.*, (1980); Melkonian *et al.* (1982) y Frank *et al.* (1984). Estos valores encontrados de  $\Psi$  p mas, son una evidencia clara de osmorregulación en el cultivo del triticale, por lo que se puede considerar como un cultivo capaz de resistir fuertes déficit de humedad, según Hsiao *et al.* (1984).

La magnitud del grado de osmorregulación fue de 0.19 MPa y de 0.35 MPa en el primero y segundo muestreo, respectivamente. Esto lo reportó en trigo Morgan en 1984; quizás el triticale aún pueda alcanzar mayor grado de osmorregulación si se le provocan mayores grados de intensidad en los déficit que sufra durante su ciclo de desarrollo, puesto que en el presente trabajo el número de riegos fue semejante, y el déficit que se provocó sólo fue por medio de menores láminas de humedad.

Por lo que respecta al  $\epsilon$ , los valores más altos obtenidos son en el tratamiento R<sub>3</sub>, manifestando que las paredes celulares del tejido se pusieron más rígidas en las plantas con mayor déficit; esto ocasiona que las plantas sufran

poco cambio en sus valores de CRA (Zimmermann, 1978), en trigo, Melkonian *et al.* (1982) encontraron algo semejante. Por su lado, Frank *et al.* (1984), reportan que el trigo incrementó sus valores de  $\epsilon$  al sufrir déficit, al respecto, Jones y Turner (1978) reportan lo mismo para sorgo.

## CONCLUSIONES

Por lo anteriormente escrito, del presente trabajo se puede concluir que:

1. Las relaciones hídricas internas del cultivo triticales, son modificadas por los déficit de humedad que sufre el cultivo en su ciclo de vida.
2. El cultivo del triticales tiene potencial para prosperar en condiciones adversas de humedad, como lo demuestra el grado de osmorregulación que alcanzó en estas condiciones particulares.
3. Es posible hacer selección de materiales de triticales en base a su grado de osmorregulación, puesto que tendría mayores probabilidades de éxito en condiciones adversas de humedad (Morgan, 1984).

## BIBLIOGRAFIA

- Bolaños A.J. and D.J. Longstreth. 1984. Salinity effects on water potential components and bulk elastic modulus of *Alternanthera philoxeroides* Mart. Griseb. Plant. Physiol. 75:281-284.
- Cutler, J.M., K.W. Shahan and P.L. Steponkus. 1979. Characterization of the internal water relations of rice by a pressure volume method. Crop Sci. 19:681-685
- , 1980. Alternation of the internal water relations of rice in response to drought hardening. Crop Sci. 20:307-310
- Ehlig, C.F. and W.R. Gardener. 1964. Relationship between transpiration and the internal water relations of plant. Agr. J. 56:127-130.
- Frank A.B., R.E. Barker and J.D. Berdahl. 1984. Pressure volume characteristics of genotypes of three wheatgrass species. Crop Sci. 24:217-220.

- Hsiao T.C., J.C. O'Toole, E.B. Yambau, and N.C. Turner. 1984. Influence of osmotic adjustment of leaf rolling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Physiol.* 75:338-341.
- Husken D., E. Steudle and U. Zimmermann. 1978. Pressure probe technique for measuring water relations of cell in higher plants. *Plant Physiol.* 61:158-163.
- Jones M.N. and N.C. Turner. 1978. Osmotic adjustment in leaves of sorghum in response to water deficits. *Plant Physiol.* 61:122-126.
- Melkonian J.J., J. Wolfe and P.L. Steponkus. 1982. Determination of the volumetric modulus of elasticity of wheat leaves by pressure-volume relations and the effect of drought conditioning. *Crop Sci.* 22:116-123.
- Morgan J.M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35:299-319.
- Wilson J.R., M.J. Fisher, E.D. Schulze, G.R. Dolby and M.M. Ludlow. 1979. Comparison between pressure-volume and dewpoint-hygrometry techniques for determining the water relations characteristics of grass and legume leaves. *Oecologia. (Berl.)* 41:77-88.
- Zimmermann U. 1978. Physics of turgor osmoregulation. *Ann. Plant Physiol.* 29:121-148.

### AGRADECIMIENTO

El autor agradece la colaboración del M.C. José A. Cruz Ballado en la revisión del presente artículo.