

DISTRIBUCION RADICAL DE CRAMBI *Crambe abyssinica* Hochst. BAJO DIFERENTES REGIMENES DE HUMEDAD

Ciro Viamontes¹, José Luis Chan Castañeda² y James L. Fowler³

RESUMEN

En el estudio de adaptación de crambi (*Crambe abyssinica*, Hochst), a las condiciones áridas del Sur de Nuevo México, E.U.A., se exploró el comportamiento de la distribución radical en función del volumen de agua aplicada con el riego, comparando los cultivares "Meyer" y "Prophet" en un experimento de campo. En cada tratamiento se obtuvieron muestras de suelo de las cuales se extrajeron las raíces usando el método de flotación.

Se observaron diferencias significativas en masa radical para los tratamientos de riego, para el efecto cuadrático de la profundidad de muestreo (0 a 60 cm) y para la interacción de esos dos factores. La cantidad de raíces, expresada por el peso fresco y seco, disminuyó conforme aumentó la profundidad, estando aproximadamente el 68% del total de la masa radical en el estrato de 0 a 20 cm. En los tratamientos de riego, la masa radical disminuyó conforme aumentó la sequía, pero con una menor humedad disponible en el suelo se aumentó la proporción del sistema radical en los estratos inferiores del perfil.

SUMMARY

In studying the adaptation of crambe (*Crambe abyssinica*, Hochst), to the arid conditions of Southern New Mexico, U.S.A., the influence of the amount of water applied on the root distribution of two crambe cultivars, "Meyer" and "Prophet", was explored under field conditions. In each irrigation treatment, soil samples were collected and the roots extracted by using the flotation method.

Significant differences were observed for root mass due to the irrigation treatments, to the quadratic effect of soil depth (0-60 cm), and to the interaction between these two factors. The root mass, expressed by fresh and dry weight, decreased as the soil depth increased, with about 68% of the total root mass being in the upper layer (0-20 cm). In relation to the irrigation treatments, the total root mass decreased as less water was applied, although the proportion of root mass increased in the lower soil layers.

¹ Ex-estudiante de New Mexico State University. Las Cruces, N.M., U.S.A.

² Investigador del INIFAP. Becado por el CONACYT en el período 1980-1982. New Mexico State University. Las Cruces, N.M., U.S.A.

³ Profesor asociado. Department of Crop and Soil Sciences. New Mexico State University. Las Cruces, N.M., U.S.A.

INTRODUCCION

En condiciones como las del Sur del Estado de Nuevo México, E.U.A., los cultivos tienen que ser regados para obtener cosechas. El riego es la clave para mantener condiciones óptimas de humedad en el suelo para el crecimiento de las plantas, ya que éste es afectado cuando la humedad del suelo se desvía del óptimo (Danielson, 1967). Cierta susceptibilidad a la sequía en crambi fue señalada por Lessman y Meier (1972), pero el factor responsable de este efecto no fue definido claramente. En esa evaluación se observaron diferencias en altura de planta, rendimiento de semilla y hábito de ramificación cuando el cultivo creció en años con diferente precipitación (uno seco y otro húmedo). Efectos similares se han observado en algodón (Kittock, 1979) y en maíz (Robertson *et al.*, 1980). En plantas de algodónero se observó que al existir condiciones adversas para el crecimiento de la raíz, también se afectó negativamente el crecimiento del follaje. Es importante señalar que el desarrollo ontogénico de la planta juega un papel muy importante con respecto a la presencia de condiciones adversas (Peters y Runkles, 1967). Ya se ha demostrado en trigo que la longitud y el volumen radical son modificados por los tratamientos de riego, cuando éstos son aplicados en diferentes etapas fenológicas (Jena *et al.*, 1980).

El sistema radical afecta la productividad de la planta a través de diversos procesos fisiológicos (Taylor y Terrell, 1982), y frecuentemente la baja disponibilidad de humedad o de nutrientes en el suelo pueden llegar a controlar la productividad de los cultivos. Aún más, en la actualidad se sabe que el crecimiento radical es modificable a través de mejoramiento genético, y que ésta es una característica importante en la predicción de absorción de agua e iones del suelo.

Para crambi, en la literatura no se han señalado las relaciones entre el crecimiento radical, el comportamiento de la planta y la disponibilidad de agua en el suelo. Para otros cultivos, esa información está disponible en detalle, y parece haber un consenso de que los riegos ligeros y frecuentes promueven el desarrollo radical en las capas superficiales del suelo (Goode y Hyrycz, 1964; Cripps, 1971; Garwood y Sinclair, 1979; Chaudhary y Bhatnagar, 1980).

Chaudhary y Bhatnagar (1980) encontraron algunas correlaciones entre la distribución radical y el patrón de extracción de agua. Es evidente que el potencial del agua del suelo juega un papel importante en la modificación del sistema radical, pero en la mayoría de los casos ese papel no se clarifica fácilmente, sobre todo cuando se

trata de definir su interacción con otras variables. El crecimiento radical bajo condiciones de sequía no es un fenómeno simple, ya que varios procesos fisiológicos se modifican y la relación follaje/raíz no puede ser ignorada (Taylor y Klepper, 1974; Taylor y Terrell, 1982). La respuesta de plantas de soya a condiciones inadecuadas en la raíz fue modificada por la interacción de asimilación de CO_2 , temperatura e iluminación; cuando el follaje se sometió a condiciones inadecuadas, las raíces fueron más sensibles a los cambios sub o supraóptimos de otros factores (Rufy *et al.*, 1981).

OBJETIVOS

Determinar los efectos del riego diferencial sobre la distribución radical de crambi en condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

Durante la primavera de 1982, se condujo un experimento de campo en la Estación Experimental de la Universidad Estatal de Nuevo México, E.U.A. La preparación del terreno incluyó cincéleo, barbecho, rastreo y formación de camas para siembra con orientación Este-Oeste. Se aplicó fertilizante en la dosis 77-60-16 y herbicida pre emergente Balam en dosis de 1.63 kg/ha. El cultivo previo al experimento fue algodón.

La semilla se sembró en hilera sencilla, a 1.5 cm de profundidad en camas de 1 m de ancho. La siembra se realizó el 5 de mayo de 1982 y se regó para emergencia con un sistema de riego por aspersión. La emergencia de plántulas se observó el 17 de mayo. El experimento se estableció conforme a los requisitos impuestos por el sistema de "riego por una línea de aspersores" (Jalota *et al.*, 1980). En cada uno de los 10 genotipos utilizados en el experimento, el tamaño de parcela fue de un surco de 5.18 m de largo, los grupos de genotipos tuvieron cuatro repeticiones y los genotipos se distribuyeron al azar dentro de cada tratamiento de riego. La línea de aspersores se instaló al centro del área experimental con los aspersores del tipo "Rainbird 70 CW-TNT" espaciados 9.1 m entre sí y elevados a 46 cm de la superficie del suelo en tubería de abastecimiento de 7.5 cm de diámetro. Los aspersores son de trayectoria baja con una boquilla de 5.5 mm que permiten un gasto de 0.66 l/s con presión de 3.87 kg/cm² y un diámetro de mojado de 36.9 m. Usando este método de riego, se definieron tres tratamientos de riego. El factor determinante de riego fue cuando el tratamiento de riego número 1 (TR-1), el más cercano a la línea de aspersión, presen-

tó un potencial de agua del suelo (PAS) de -1 bar a 30 cm de profundidad. Los tres tratamientos de riego fueron ordenados de la siguiente manera: el TR-1 se estableció a un surco de distancia de la línea de aspersión, el TR-2 a seis surcos de TR-1, y el TR-3 a seis surcos del TR-2. En promedio, el PAS de TR-2 y TR-3 fueron de -3 y -5 bares, respectivamente.

El contenido de humedad del suelo se midió por medio de un dispersor de neutrones (Troxler, mod. 3222), a través de dos tubos de aluminio instalados para el acceso de la sonda del dispersor en cada tratamiento de riego. Las profundidades observadas fueron de 30, 60 y 90 cm, con dos lecturas por semana. En cada tubo de acceso se colocó un bote de lámina de 9.8 cm de diámetro para estimar la cantidad de agua aplicada por tratamiento de riego. El riego diferenciado por la línea de aspersión se inició el 4 de junio. En este escrito se analizaron únicamente dos cultivos, "Meyer" y "Prophet", los cuales se evaluaron en cada tratamiento de riego.

El muestreo de raíces se efectuó mediante el método de la barrena (Schuurman y Goedewaagen, 1971; Bohm *et al.*, 1977; Bohm, 1979), aplicado el 1 y 2 de julio cuando las plantas iniciaron la floración. Se tomaron muestras (sin disturbios) de 10 cm de diámetro, a intervalos de 10 cm hasta 60 cm de profundidad. Cada cilindro de 10 cm de longitud se guardó en bolsas de plástico en un refrigerador a 0°C. Se obtuvo una muestra por parcela, en el lado Sur del surco, a 2.5 cm del cuello de una planta con competencia completa.

Para la separación de raíces del suelo muestreado, se utilizó el "método de flotación" (Al-Khafaf *et al.*, 1977). Las muestras se procesaron individualmente, aunque al final se combinaron para obtener cuatro categorías de profundidad: 0-10, 10-20, 20-40 y 40-60 cm. El método original propuesto por Al-Khafaf *et al.* (1977), fue modificado ligeramente, ya que se utilizó una solución saturada de Calgontm para promover la dispersión. También se agregaron 6 l por muestra de una solución 0.3 molal de Cloruro de Sodio (NaCl) para ayudar a la dispersión, siendo el volumen de la muestra de suelo de 785 cm³. La mezcla así preparada se agitó con un taladro acondicionado con un aditamento para batir; este procedimiento se repitió dos veces cada 24 horas. Con una malla de 16 "mesh" se recogió el material flotante, el cual se pasó a un recipiente con agua para separar la materia orgánica de las raíces. Una vez separadas las raíces, se procedió a medir su peso fresco, a secar en estufa de aire presurizado a 65°C por 48 horas y finalmente a medir su peso seco.

El análisis estadístico se enmarcó en los procedimientos de regresión múltiple (McClave y Dietrich, 1982), para examinar los efectos de los tratamientos de riego (TR), profundidad (P), cultivar (Cv) y las interacciones entre estos factores. Las variables dependientes en el estudio fueron peso fresco (PF) y peso seco (PS) de raíces. El modelo completo incluyó el efecto lineal y cuadrático de TR y P, tanto en los efectos principales como en las interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 muestra el mejor modelo obtenido del análisis de regresión y de la selección de variables significativas por el procedimiento Stepwise de SAS. Los valores predichos con este modelo (Cuadro 2) indican que la cantidad de raíces por muestra disminuye en forma lineal conforme disminuye la cantidad de agua aplicada (de TR-1 a TR-3), y en forma cuadrática conforme se aumenta la profundidad en el perfil del suelo, fundamentalmente en función de sus efectos principales; sin embargo, la interacción $TR^2 \times P$ también contribuye significativamente a la modificación de esos efectos, tal como se muestra en el Cuadro 1. No se encontró efecto significativo asociado con el factor cultivar.

Cuadro 1. Análisis de regresión para peso de raíces.

Fuente de variación	GL	SC	F	NSO ^{1/}
Peso seco de raíces				
Total	90	1903.9		
Modelo	3	673.0	15.86	0.01
TR	(1)	156.8	11.08	0.01
P^2	(1)	369.8	26.14	0.01
$TR^2 \times P$	(1)	146.4	10.35	0.01
Residual	87	1230.9		
				$R^2 = 0.35$
Peso fresco de raíces				
Total	93	24026.2		
Modelo	3	8616.5	16.77	0.01
TR	(1)	1609.1	9.40	0.01
P^2	(1)	4818.2	28.14	0.01
$TR^2 \times P$	(1)	2189.2	12.79	0.01
Residual	90	15409.7		
				$R^2 = 0.36$

^{1/} NSO = Nivel de significancia observado.

De acuerdo a los resultados de este estudio, el sistema radical de crambi puede catalogarse como superficial, ya que del 60 al 70% del total de la masa radical se concentra de 0 a 20 cm de profundidad en el perfil del suelo. Dicho patrón de distribución del sistema radical sufrió cambios debidos a los niveles de riego. En TR-1 y TR-2, únicamente el 26 y 28% del total de masa radical (Cuadro 2) se encontró en el estrato 20-40 cm de profundidad, siendo prácticamente cero la cantidad de raíces encontrada en el estrato 40-60 cm. En cambio, en el TR-3 los estratos 20-40 y 40-60 cm de profundidad suman un contenido de 40% de raíces.

Cuadro 2. Valores predichos^{1/} de masa radical de crambi, en diferentes profundidades del suelo y en diferentes tratamientos de riego.

Profundidad	Tratamiento de riego (TR)					
	TR-1		TR-2		TR-3	
	PS ^{2/}		PS ^{2/}		PS ^{2/}	
cm	mg	%	mg	%	mg	%
0 - 10	31.04	38	19.02	36	7.82	23
10 - 20	29.10	36	19.52	36	12.38	37
20 - 40	21.00	26	15.09	28	6.73	20
40 - 60	0.55	0	0.00	0	6.63	20
S u m a s	31.69	100	53.63	100	33.56	100
%		100		66		41

^{1/} Modelo $PS = 44.22 - 13.24 TR - 0.0138 P^2 + 0.0814 TR^2P$.

^{2/} PS = Peso seco de raíces.

El efecto negativo que tiene la sequía sobre el crecimiento radical también ha sido señalado para otras especies (Danielson, 1967; Thomas y Davidson, 1981), así como para crambi en condiciones de invernadero (Chan y Fowler, 1984). La modificación que ejerce el régimen de humedad en suelo sobre la distribución radical puede considerarse como un mecanismo de adaptación a la sequía, ya que la necesidad de agua promueve la penetración radical, con lo cual las plantas tienen oportunidad de obtener agua de las capas más profundas del suelo.

CONCLUSIONES

El estudio de la densidad y distribución radical es una herramienta importante, tanto para entender los procesos de producción como para evaluar la tolerancia de especies y cultivares a factores adversos, especialmente a los efectos ocasionados por la sequía. Sin embargo, el estudio del sistema radical es difícil, por lo cual se hace necesario contar con una metodología que sea práctica y precisa al mismo tiempo.

En este trabajo se empleó una combinación de métodos para obtener las muestras de campo y para separar las raíces del suelo (métodos Barrena - Flotación), los cuales fueron adecuados para lograr los objetivos propuestos.

Los cultivares de crambi utilizados en este estudio mostraron una fuerte reducción del sistema radical conforme fueron sometidos a mayor sequía, pero también mostraron un mecanismo de ajuste a este fenómeno a través de una modificación en su distribución radical.

BIBLIOGRAFIA

- Al-Khafaf, S., P.J. Wierenga, and B.C. Williams. 1977. A flotation method for determining root mass in soil. *Agron. J.* 69: 1025-1026.
- Bohm, W. 1979. *Methods of studying root systems.* Springer-Verlag Publ. Berlin.
- Bohm, W., H. Madnakor, and H.M. Taylor. 1977. Comparison of five methods for characterizing soybean rooting density and development. *Agron. J.* 69: 415-418.
- Chan, C.J.L. y J.L. Fowler, 1984. Relaciones internas del agua y la planta en crambi (*Crambe abyssinica*, Hochst). Resúmenes del X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. p. 195. Aguascalientes, México.
- Chaudhary, T.N. and V.K. Bhatnagar. 1980. Wheat root distribution, water extraction pattern and grain yield as influenced by time and rate of irrigation. *Agric. Water Manag.* 3: 115-124.
- Cripps, J.E.L. 1971. The influence of soil moisture on apple root growth and root-shoot ratios. *J. Hort. Sci.* 46: 121-130.
- Danielson, R.E. 1967. Root systems in relation to irrigation. p. 390-424. In: R.M. Hagen, H.R. Hase, and T.W. Edminster (eds.). *Irrigation of Agricultural Lands.* Agronomy monograph No. 11, Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- Garwood, E.A. and J. Sinclair. 1979. Use of water by six grass species 2. Root distribution and use of soil water. *J. Agric. Sci.* 93: 25-35.

- Goode, J.E. and H.J. Hyrycz. 1964. The response of Laxton's Super apple trees to different soil moisture conditions. J. Hort. Sci. 39: 254-276.
- Jalota, S.K., S.S. Prihar, B.S. Sandhu, and K.L. Khera. 1980. The yield, water use and root distribution of wheat as affected by pre-sowing and post-sowing irrigation. Agric. Water Manag. 2: 289-297.
- Jena, D., C. Misra, and C. Pradhan. 1980. Effect of fertilizer dose on soil water profile and root distribution of wheat grown under residual moisture and partially irrigated conditions. J. Indian Soc. Soil Sci. 28: 436-443.
- Kittock, D.L. 1979. Pima and upland cotton response to irrigation management. Agron. J. 71: 617-619.
- Lessman, K.J. and V.D. Meier. 1972. Agronomic evaluation of crambe as a source of oil. Crop Sci. 12: 224-227.
- McClave, J.T. and F.H. Dietrich. 1982. Statistics. 2nd. edition. Pellem Publ. Co. San Francisco, California.
- Peters, D.B. and J.R. Runkles. 1967. Shoot and root growth as affected by water availability. p. 373-389. In: Hagen, R.M., M.R. Haise, and T. C. Edminster (eds.) Irrigation of Agricultural Lands. Agronomy Monograph No. 11, Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- Robertson, W.K., L.C. Hammond, J.T. Johnson, and K.J. Boote. 1980. Effects of plant water stress on root distribution of corn, soybeans, and peanuts in sandy soil. Agron. J. 72: 548-551.
- Rufty, T.W., C.D. Raper, and W.A. Jackson. 1981. Nitrogen assimilation, root growth and whole plant responses of soybean to root temperature and to carbon dioxide and light in the aerial environment. New Phytol. 88: 607-619.
- Schuurman, J.J. and M.A.J. Goedewaagen. 1971. Methods for the study of root systems and roots. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, Germany.
- Taylor, H.M. and B. Klepper. 1974. Water relations of cotton. I. Root growth and water use as related to top growth and soil water content. Agron. J. 66: 584-588.
- Taylor, and E.E. Terrell. 1982. Rooting pattern and crop productivity. p. 185-200. In: Reicheg, M. Jr. (ed.). CRC Handbook of Agricultural Productivity. Vol. 1. Plant Productivity. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Thomas, J.E. and D. Davidson. 1981. Effect of ambient water volume on root growth, cell cycle duration, and mitotic synchrony during germination and seedling growth of *Vicia faba*. Can. J. Bot. 59: 1301-1306.