POTENCIAL DEL SISTEMA RADICAL EN COLECCIONES DE ZACATE GIGANTE (*Leptochloa dubia* H.B.K. Nees)

Roberto Espinoza Zapata¹
Sathyanarayanaiah Kuruvadi²

RESUMEN

Once colecciones nativas de zacate gigante, con un testigo de Estados Unidos, fueron evaluados para determinar el potencial del sistema radical y rendimiento de forraje, a nivel planta adulta en invernadero, bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. Los análisis de varianza revelaron diferencias altamente significativas para: peso seco de masa de raíz, peso fresco y seco de forraje, número de tallos y hojas por planta, altura y área foliar; además, indicaron la presencia de una gama de variabilidad genética, y la posibilidad de seleccionar mejores genotipos por medio de selección simple.

Las 4 colecciones: Zacatecas-7, Aguascalientes, San Luis Potosí-190, y Durango-39, produjeron mayor peso seco de raíces por planta, y, estos mismos, produjeron altos rendimientos de forraje, en condiciones de riego bajo invernadero, y en campo bajo sequía. Existen correlaciones positivas y significativas, entre peso seco de masa de raíz con forraje verde y seco, y con área foliar. La altura de planta está relacionada con peso fresco y seco de forraje. Área foliar y altura de planta pueden ser utilizados como indicadores para seleccionar genotipos superiores, con alto rendimiento combinado y con alto peso de masa de sistema radical. Se encontraron correlaciones útiles entre diferentes variables.

1 Ing. M.C. y 2 Ph.D. Maestros-Investigadores del Depto. de Fitomejoramiento, Div. de Agronomía, UAAAN.

INTRODUCCION

Un número importante de especies forrajeras constituye el principal apoyo de la actividad ganadera en las zonas áridas y semiáridas de México. El zacate gigante (*Leptochloa dubia*) es un zacate perenne nativo de México, con buena calidad de forraje, y con variabilidad y potencial para desarrollar variedades rendidoras, que pueden ser utilizadas en regiones con escasa humedad.

El mejoramiento genético de plantas forrajeras y su manejo con alta fertilización y riego, ha dado lugar a un incremento de forraje equivalente al doble o triple de rendimiento en años recientes. Sin embargo, tal incremento de producción de forraje, bajo condiciones de sequía en zonas áridas, no se ha logrado. Para coadyuvar en el incremento de la producción de forraje en zonas áridas, la UAAAN, a través de su programa de mejoramiento, ha iniciado la colecta de germoplasma de zacate gigante para su evaluación bajo condiciones de aridez, con el objeto de identificar líneas con alto rendimiento de forraje. En algunas especies donde no se ha hecho investigación, por medio de las evaluaciones y selección se pueden alcanzar rápidamente progresos significativos, para la formación de variedades con mayor rendimiento.

Resistencia a sequía en las plantas, es un carácter complejo controlado por rasgos morfológicos, fisiológicos, anatómicos y genéticos. El sistema radical de las plantas, encargado de absorber y transportar el agua obtenida del suelo, es determinante para el rápido establecimiento y resistencia a la sequía. No hay información disponible con respecto a trabajos sobre sistema radical en zacate gigante, por lo que la presente investigación tiene como objetivo fundamental, estudiar el potencial de la masa radical y su asociación con diferentes características agronómicas, y rendimiento de forraje en el campo bajo condiciones de sequía.

REVISION DE LITERATURA

Aunque la cantidad de agua utilizada por las plantas está en función del clima y determinada principalmente por radiación solar, las especies pueden variar notablemente en su tolerancia a sequía. La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo, cuando la disponibilidad de agua es limitada, es una característica de cada especie; esta capacidad suele estar relacionada con la profundidad y extensión de la raíz (Sprague y Mc Claud, 1978).

Souza *et al.* (1983) señalan que la importancia del crecimiento del sistema radical, como un mecanismo fisiológico para evitar la deshidratación, ha sido observada por muchos investigadores.

Nour y Weibel (1978), encontraron, en sorgo para grano, que el peso de la raíz mostró ser la característica más indicativa y más fácil de determinar, cuando se trata de identificar líneas resistentes a sequía, aunque la técnica involucre una considerable cantidad de tiempo y trabajo.

Sathyanarayanaiah (1983) al estudiar el potencial radical en trigo duro, a través de rizotrones, encontró diferencias altamente significativas entre genotipos para masa total de raíces, en perfiles de 60 a 120 cm, y también de 90 a 120 cm; no encontró diferencias significativas en profundidad de 0 a 60 cm. Los genotipos con la máxima cantidad de raíces, en perfiles de 60 a 100 cm, cubrieron más área de absorción y tienen una ventaja adicional, en la seguridad de conseguir agua y nutrientes, además de que podrían evitar la sequía.

Una amplia variabilidad genética entre genotipos de sorgo ha sido reportada por Beltrán (1983), al estudiar características del sistema radical, pérdida de agua en hojas cortadas y ensayos de rendimiento (sequía y riego). Reporta también haber encontrado correlaciones de gran magnitud para longitud de raíz seminal y número de raíces mayores de 40 cm, con el resto de las características del sistema radical, a excepción de la proporción raíz/vástago. Encontró también que longitud de raíz seminal y suma de excedentes después de 40 cm, fueron los que mostraron mayor asociación con el resto de las características (número de raíces, nodales, raíz nodal más larga, suma de excedentes después de 40 cm, rendimiento bajo sequía y riego, entre otras). Concluye el autor que lo anterior hace pensar en practicar selección indirecta, para rendimiento por selección previa sobre raíces en invernadero.

Hurd (1974) indica que en trigo, un sistema radical extenso está asociado con resistencia a sequía, y que la selección para alto rendimiento bajo condiciones de déficit de agua, selecciona para un sistema de raíces más grande; sugiere al mismo tiempo, que en un programa de mejoramiento sistemático, selección para sistema favorable, contribuirá para obtener altos rendimientos bajo déficit de humedad.

Al estudiar varios caracteres del sistema radical en 10 variedades de sorgo, Nour y Weibel (1978) utilizaron bolsas de plástico rellenas con arena lavada, las cuales fueron colocadas en una cámara de crecimiento; a las 3 semanas de edad se tomaron los datos y se encontraron diferencias significativas para todos los caracteres en general; las variedades más resistentes a sequía mostraron pesos más altos de raíz.

Kauter (1933) mencionado por Whyte *et al.* (1959), encontró que las plantas de las 2 especies de rápido establecimiento, *Arrenatherum elatius* y

Lolium multiflorum, estaban dotadas de raíces más profundas y producían un peso mayor de raíces, durante los primeros meses de desarrollo, que las especies tardías como *Festuca pratensis* y *Phleum pratense*.

Entre otros, Levitt (1952) menciona que en *Bromus inermis*, zacate muy usado como forraje en lugares con limitaciones de lluvia, se han seleccionado variedades con raíces más grandes y abundantes, que permiten aprovechar mejor el agua del suelo y presentan, por lo tanto, mayor resistencia a la sequía que otros.

Al estudiar el comportamiento de 5 gramíneas forrajeras de edad relativamente joven: zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*), Azulado Caddo (*Panicum virgatum*), Indio (*Sorghastrum nutans*), azulado gigante y azulado chico, Dalrymple y Dwyer (1980) encontraron que los pesos de las raíces y brotes, discreparon de una especie a otra. En todos los casos, la producción de raíces fue mayor que la de brotes.

Tischler y Monk (1980) señalan que el establecimiento de zacate klein es reducido, debido a su sistema radical inadecuado; encontraron que el número y longitud de raíces basales y adventicias fue independiente de la longitud de la raíz primaria, existiendo también amplia variabilidad para el crecimiento de raíces primarias y adventicias. Diferencias en ambos rasgos pueden ser usadas en mejoramiento para incrementar el establecimiento de plántulas.

MATERIALES Y METODOS

En la presente investigación fueron incluidas 11 colecciones originarias de 7 diferentes Estados de la República Mexicana: 2 del Estado de Zacatecas; 3 de Chihuahua, 2 de Coahuila, y una de cada uno de los Estados de: Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí y Jalisco. Se incluyó como testigo una línea del Estado de Texas, Estados Unidos. Estos materiales constituyen una amplia representación geográfica, para evaluar sistema radical y otras características agronómicas.

El experimento se condujo en un invernadero de la UAAAN, durante los meses de junio a septiembre de 1983; se utilizaron macetas de cartón rellenas con un kilo de tierra y arena, en una proporción de 3 cuartas partes de tierra cribada y una cuarta parte de arena fina. El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 repeticiones, utilizando 3 macetas por repetición, por colección. La siembra se efectuó el día 6 de Junio de 1983 en suelo húmedo, con una distribución de 10 cariósides por maceta. La germinación de semillas ocurrió a los 6 días después de la siembra; cuando las plántu-

las alcanzaron una altura de 3 centímetros, fue necesario aclarar, para dejar sólo 3 plántulas por maceta. Se aplicaron riegos para evitar daño severo por sequía y no se aplicó fertilización. Los siguientes datos experimentales fueron tomados a los 95 días después de la siembra: peso seco de masa radical, peso fresco y seco de forraje, altura de planta, número de tallos por planta, número de hojas por planta y área foliar. Los valores promedio de cada carácter fueron utilizados para calcular análisis de varianza y correlaciones entre diferentes variables.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza (Cuadro 1) revela la existencia de diferencias altamente significativas para: peso seco de masa de raíz, peso fresco y seco de forraje, número de tallos y hojas por planta, altura y área foliar, asimismo indica suficiente grado de variabilidad para hacer selección efectiva e identificar genotipos superiores.

Las varianzas significativas entre sistema radical y peso seco de raíces en zacates, se han reportado por varios investigadores (Goedewaagen y Schurman, 1956; William y Backer, 1957; Holt y Fisher, 1960; Melnlosh y Miller, 1981; Pederson *et al.* 1984). Sin embargo, en cualquier estudio del sistema radical, el investigador debe tomar en cuenta que el carácter se afecta por: textura y estructura del suelo, contenido de agua, contenido de oxígeno, concentración de sales, valor de pH y otros factores; por esa razón, para hacer una comparación válida y realizar estudios en invernadero bajo condiciones controladas, puede ser más confiable si existe una correlación significativa, entre estudios de invernadero y de campo.

Los promedios de las diferentes características de zacate gigante, bajo condiciones de invernadero, se presentan en el Cuadro 2, en el cual se observa que el peso de raíces varía entre 0.36 g (Coahuila) a 0.94 g (Zacatecas-7), y un promedio general de 0.70 g. Zacatecas-7 registró el peso más alto; se manifestaron también como sobresalientes, en orden de importancia, y estadísticamente iguales entre sí, las colecciones: Aguascalientes (0.90 g), San Luis Potosí-190 (0.84 g), Durango-39 (0.80 g), Zacatecas-51 y Chihuahua-120 (0.77 g), que produjeron, al mismo tiempo, mayor peso seco de raíces, que el promedio general observado en este experimento. Resultados en *Bromus inermis*, mencionados por Levitt (1952), señalan que en lugares con escasa lluvia, ha sido posible seleccionar variedades con raíces más grandes y abundantes, que presentan mayor resistencia a la sequía al aprovechar mejor el agua del suelo. Al estudiar también sistema radical en sorgo, Nour y Weibel (1978) reportan que las variedades más resistentes a sequía, mostraron los pesos más altos del sistema radical. Sathyanarayanaiah (1980) encontró

Cuadro 1. Análisis de varianza para diferentes características en zacate gigante a nivel de planta adulta en invernadero.

Fuente	Grados de libertad	F. Calculada						
		Peso seco masa de raíz	Peso fresco de forraje	Peso seco de forraje	No. de tallos	No. de hojas	Altura final	Area foliar
Colecciones	11	5.45**	9.45**	7.68**	3.75**	3.77**	9.43**	6.08**
Bloques	3	1.40	2.00	0.25	0.21	0.40	0.81	0.96
Error (C.M.)	33	0.02	62.15	6.22	7.02	129.11	121.49	18.95
C.V. (%o)		19.94	30.69	30.00	18.51	14.46	8.11	25.42

** Significativo al 1%o

Cuadro 2. Promedio de diferentes características de zacate gigante bajo condiciones de invernadero.

Colección	Peso seco masa de raíz (g)	Peso fresco de forraje (g)	Peso seco de forraje (g)	No. de tallos por planta	No. de hojas por planta	Altura final (cm)	Area foliar (cm ²)
Zacatecas-51	0.78	22.06	7.54	9.75	63.75	134.19	21.46
Zacatecas-7	0.94	35.09	12.14	16.25	88.75	139.44	19.58
Chihuahua-22	0.58	15.02	5.07	12.25	68.50	116.51	10.73
Chihuahua-30	0.63	13.64	4.58	19.50	91.50	125.72	10.62
Chihuahua-120	0.77	27.80	8.77	13.75	82.00	148.02	18.57
Durango-39	0.81	38.76	12.07	15.00	89.75	145.19	19.07
Coahuila	0.36	11.97	3.92	13.50	72.25	113.85	10.38
Narro	0.56	19.24	5.94	13.00	64.75	129.85	16.16
Aguascalientes	0.90	37.45	11.86	17.75	95.75	154.56	24.76
San Luis Potosí-190	0.84	22.22	8.57	13.50	78.50	144.94	20.26
Jalisco-64	0.70	49.88	13.80	14.25	78.00	165.94	23.59
Testigo	0.64	14.99	5.16	13.25	69.25	112.05	10.27
Promedio	0.70	25.68	8.29	14.31	78.56	135.85	17.12
D.M.S. .05	0.20	11.38	3.60	4.05	17.35	15.90	6.87

en trigo, correlación altamente significativa entre peso seco de raíces por estudio bajo sequía en rizotrones, y cuando se usaron los mismos genotipos en macetas bajo condiciones de riego en invernadero. Además, el mismo autor menciona que es útil, para identificar genotipos con mejor sistema radical bajo condiciones de sequía, al evaluar los genotipos bajo riego en macetas en invernadero.

El coeficiente de variación para peso seco de raíz fue de 19.94% y los resultados se consideran confiables (Cuadro 1). Existen correlaciones positivas y significativas (Cuadro 3) entre peso seco de raíz con 3 características: peso fresco de forraje ($r = 0.584$), peso seco de forraje ($r = 0.685$) y área foliar ($r = 0.749$). Se encontró correlación positiva y significativa entre peso seco de raíz con rendimiento de forraje en el campo ($r = 0.802$) bajo sequía. Generalmente las colecciones con mayor masa de raíz también contribuyen con alto rendimiento de forraje bajo sequía en el campo. Hurd (1974) señala que al seleccionar genotipos de trigo duro con alto rendimiento bajo sequía, automáticamente seleccionará para un extenso sistema radical; los resultados de este experimento concuerdan con trabajos de este autor.

El peso fresco de forraje por planta individual varió entre 11.97 g a 49.88 g, con promedio de 25.68 g. La colección Jalisco-64 registró máximo rendimiento de forraje por planta, y fue estadísticamente igual a las colecciones: Durango-39, Aguascalientes y Zacatecas-7. Las mismas 4 colecciones también produjeron alto rendimiento de forraje seco, tanto en invernadero como en el campo bajo condiciones de sequía, en evaluaciones anteriores durante 2 años consecutivos. El objetivo principal del mejoramiento genético de las plantas forrajeras, es identificar genotipos con alta capacidad de rendimiento bajo temporal y riego; se pueden recomendar estas 4 colecciones para su siembra bajo sequía y riego simultáneamente. Ortégón (1984), después de 6 años de prueba, recomendó 5 genotipos de la especie de zacatón alcalino para su siembra bajo riego y sequía.

El peso seco y peso fresco están correlacionados con 2 caracteres: altura de planta ($r = 0.790$) y área foliar ($r = 0.702$); por lo tanto, altura de planta puede utilizarse como índice para seleccionar genotipos superiores de forraje (Cuadro 3).

La colección Chihuahua-30 produjo el más alto número de tallos por planta, y fue estadísticamente igual a: Aguascalientes, Zacatecas-7 y Durango 39. Estas colecciones pueden producir mejor amacollamiento. Nelson *et al.* (1977) y Slepser *et al.* (1977), indican que el número de macollos por planta es más importante que el rendimiento por macollos en baja densidad de siembra de *Festuca arundinacea* Schrech; estos resultados no se esperarían en condiciones de siembra normal, donde el número de macollos tiende a esta-

Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas entre diferentes características de planta adulta en invernadero.

	Peso fresco de forraje	Peso seco de forraje	Tallos por planta	Hojas por planta	Altura	Area foliar
Peso seco masa de raíz	0.584*	0.685*	0.311	0.533	0.546	0.749**
Peso fresco de forraje		0.929**	0.281	0.509	0.737**	0.723**
Peso seco de forraje			0.307	0.554	0.790**	0.702**
Tallos por planta				0.826**	0.186	0.029
Hojas por planta					0.351	0.302
Altura						0.713**

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

bilizarse (Zarrouh *et al.* 1983); sin embargo, el potencial de amacollamiento puede ser un mecanismo compensativo, donde hay fallas en establecimiento del zacate por condiciones adversas en la etapa de plántula. Además del número de tallos, otro carácter que determina el rendimiento es el número de hojas, el cual está en función del número de tallos; las colecciones más sobresalientes para número de hojas lo fueron también: Aguascalientes, Chihuahua-30, Durango-39, Zacatecas-7, Chihuahua-120 y San Luis Potosí-190, estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 2).

El coeficiente de variación estimado para 2 características: número de tallos y número de hojas por planta, fueron 18.51% y 14.46%, respectivamente; por lo tanto, los resultados son muy aceptables (Cuadro 1).

El rendimiento de las gramíneas forrajeras está determinado por efectos multiplicativos de los componentes del rendimiento, tales como: número de tallos, número de hojas y sus pesos; cada factor es independiente, pero contribuye al total de rendimiento de forraje del genotipo.

El área foliar provee una superficie de fotosíntesis y captación de luz; es un parámetro para medir crecimiento de la planta, y determinante en el aumento de peso seco o rendimiento biológico. Las colecciones Aguascalientes (24.76 cm²) y Jalisco-64 (23.59 cm²), fueron más sobresalientes, seguidas por: Zacatecas-51, San Luis Potosí-190, Zacatecas-7, y Durango-39. En la determinación de rendimiento, la variación en el área foliar tiene relativamente más importancia, que la tasa de asimilación neta (Watson, 1952; Blackman, 1950; Khan y Tsunoda, 1970).

Existe asociación positiva y significativa entre área foliar con 4 características: peso seco de raíz, peso fresco y seco de forraje, y altura de planta. Las características área de follaje y altura de planta, están directamente relacionadas con el rendimiento de forraje verde y seco.

CONCLUSIONES

1. Existe una gama de variabilidad para el peso de masa radical, rendimiento de forraje y otras características agronómicas, en los recursos nativos de zacate gigante.
2. Se recomiendan para su siembra bajo condiciones de temporal, las colecciones: Zacatecas-7, Aguascalientes, San Luis Potosí-190 y Durango-39, sobresalientes por su rendimiento de forraje y peso seco de masa radical.

3. Altura de planta y área foliar pueden ser útiles como índices de selección indirecta, para identificar genotipos o poblaciones con alto rendimiento de forraje y mejor sistema radical.

BIBLIOGRAFIA

- Beltrán, E.D. 1983. Estudio de heterosis en algunas características relacionadas con la resistencia a sequía en el sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M.C. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Colegio de Graduados.
- Blackman, G.E. 1950. The Physiological basis of variation in yield. *Adv. Agro.* 40:101-145.
- Dalrymple, R.L. and D.D. Dowyer. 1980. Crecimiento de los brotes y raíces de 5 gramíneas forrajeras. En Rendimiento del Pastizal. Compiladores: Martín H. González y Roberto S. Campbell. Traducción de artículos seleccionados de *Journal of Range Management*, traducidos a español por Ramón Palazón. México. Editorial Pax México.
- Goedwaagen, M.A.J. and J.J. Schuurman. 1956. Root development of grassland with special reference to water conditions of soils. *Proc. 7th. Int. New Zeland, Grassland, Cong.* pp. 45-55.
- Holt, E.C. and F.L. Fisher. 1960. Root development of Coastal Bermuda-grass with high nitrogen fertilization *Agron. J.* 52:593-596.
- Hurd, E.A. 1974. Phenotype and drought tolerance in wheat. In: J.F. Stone (editor) *Plant modification for more efficient water use. Agric. Meteorol.*, 14:39-55.
- Levitt, J. 1952. Frost, drought and heat resistance. *Ann Rev. Plant. Physiology.* 2:245-268.
- Melnolsh, M.S. and D.A. Miller. 1981. Genetic and soil moisture effects for root characters in alfalfa populations differency in winter hardiness. *Crop Science.* 24:465-468,
- Nelson, C.J., K.H. Asay and D.A. Sleper. 1977. Mechanisms of canopy development of tall fescue genotypes. *Crop Science.* 177:449-452.
- Nour, M.A.E. and D.E. Weibel. 1978. Evaluation of root characteristics in grain sorghum. *Agron. Journ.* 70:217-218.

- Ortegón, P.A. 1984. Selección de genotipos de zacatón alcalino (*Sporobolus airoides* Torr) nativas del Norte de México en la formación de variedades. Tesis M.C. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Colegio de Graduados.
- Pederson, G.A., W.A. Kengal and R.R. Hill Jr. 1984. Effect of divergent selection for root weight on genetic variation for root and shoot characters in alfalfa. *Crop Sci.* 24:270-573.
- Sathyanarayanaiah, K. 1980. Genetic studies on dryland wheat (*Triticum durum*). Research station. Research Branch, Agriculture Canadá. Swift Current, Saskatchewan.
- , 1983. Modelo de raíces en trigo macarronero en rizotrones. Semana de la hierba. Simposium: La sequía y su impacto en la agricultura. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Sleper, D.A., C.J. Nelson and K.H. Asay. 1977. Diallel and path coefficient analysis of tall fescue *Festuca arundinacea* regrowth under controlled conditions: *Can. J. Genet. & Citol.* 19:557-564.
- Souza, J.G., J.V. Da Silva, M.B. Neto y J.A. Giles. 1983. Velocidad de crecimiento da raíz como parámetro de resistencia a secano algodoeiro. *Brasilia. Pesqu. Agropec. Bras.* 18(2):169-172.
- Sprague, V.G. y D.E. Mc Claud. 1978. Los factores climatológicos en la producción de forraje. En: Forrajes. Hughes H.D., M.E. Heath y D.S. Metcalfe (ed) México. CECSA.
- Tischler, C.R. and R.L. Monk. 1980. Variability in root system characteristics of klein grass seedlings. *Crop Sci.* 20:384-386.
- Watson, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agro.* 40:101-145.
- Whyte, R.O., T.R.G. Moir y J.P. Cooper. 1959. Las gramíneas en la agricultura. Roma, FAO.
- William, T.F. and H.M. Baker. 1957. Studies of the root development of herbage root investigations *Brit. Grassland Soc.* 12:49-55.
- Zarroug, K.M., C.J. Nelson y J.H. Coutts. 1983. Relationship between tillering and forage yield of tall fescue. I. yield. *Crop Sci.* 23:333-337

-----, 1983. Relationship between
tillering and forage yield of tall fescue. II Pattern of tillering. Crop
Science. 23:337-341.