

EFFECTO DE LA HUMEDAD, POROSIDAD AERÍFERA, Y RESISTENCIA DEL SUELO SOBRE EL ENRAIZAMIENTO DE LA SOYA

Hossne, G. A., Méndez, J., Trujillo, M. y Parra, F.

Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas
americohossnegarcia@gmail.com y americohossne@cantv.net

RESUMEN

Un estudio del sistema radical de soya (*Glycinemax L. Merrill cv. SAN BAIBA*) se realizó en función de la humedad, resistencia y porosidad aerífera. La soya es de importancia agrícola en los suelos de sabana, en donde el suelo es franco arenoso incompresible y de fácil deformación. El objetivo fue determinar el efecto del contenido de humedad, tensión cortante, tensión normal y porosidad aerífera sobre el volumen del suelo enraizado de soya. El método Proctor y el triaxial fueron utilizados. Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de cuatro niveles de compactación por capay cuatro de frecuencias de riego para la variación de la humedad. Entre los resultados, el volumen de suelo enraizado aconteció entre 83,0 cm³ y 99 cm³ y la longitud radical alrededor de 52,31 cm. Se concluyó que el volumen de enraizamiento y longitud radical de soya fue más positivamente influenciado por la humedad que por los efectos de la compactación y la resistencia.

Palabras clave: Suelos de sabana, cizalleo, frecuencias de riego, aireación

INTRODUCCIÓN

Es concebido que la compactación del suelo, medida generalmente por costumbre con la evaluación de la densidad aparente seca, produzca inhibición del crecimiento de las plantas como en la soya que es de importancia agrícola en los suelos de sabana de la zona Nororiental del país. Fageria *et al.* (2006), manifestaron que la inhibición del crecimiento de las plantas fue atribuida principalmente a la reducción volumétrica del enraizamiento. Se ha considerado que la compactación aumenta la resistencia del suelo. Según Ponder (2004) el mecanismo por el cual el suelo compactado favorezca un mejor crecimiento que el suelo no compactado no se conoce completamente. Gran parte del crecimiento es más probable debido a cambios físicos que causaron las mejores condiciones de humedad para el crecimiento. Taylor y Burnett (1964) y Taylor (1974) informaron sobre la resistencia excesiva del pie de arado cuando se seca. La sequedad es la principal restricción que impide el crecimiento de raíces, ya que la resistencia del suelo disminuye con la lluvia o riego. El valor crítico de la resistencia del suelo para lo cual las raíces no crecen, se ve afectado por la humedad del suelo en la etapa de desarrollo de la planta. Rahman *et al.*, (2005) condujeron un experimento de invernadero, con suelo andisol franco arenoso, para valorar el efecto de diferentes niveles de compactación sobre la soya, encontraron que el peso seco radical, la proporción de brotes radicales y el peso seco de brotes se redujeron

significativamente con el aumento de los niveles de energías y disminuyeron con el aumento de los niveles de compactación. Hossne (2004) explicó que la acción de crecimiento de las raíces aumenta su tensión axial al amplificarse la resistencia del suelo con un valor crítico de 2.343,2 kPa para un 20,78 % de desarrollo radical; estos suelos ejercieron una resistencia menores a los 500 kPa en el rango de la capacidad de campo. Los objetivos de este trabajo fueron determinar (a) El efecto del contenido de humedad proporcional a las frecuencias de riego y el nivel de compactación de un suelo franco arenoso de sabana sobre la longitud y el volumen del suelo enraizado y (b) La relación de la porosidad aerífera, tensión cortante y tensión normal con el crecimiento radical.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizó el cultivo de Soya (*Glycinemax* L. Merrill cv. San Baiba) con suelo franco arenoso de sabana del estado Monagas. Se utilizó la metodología Proctor para forjar los niveles de densidad aparente seca. La porosidad aerífera (E_a) se determinó utilizando la Ecuación 1 en función de la porosidad total (n), el contenido de agua volumétrica (θ), la densidad aparente seca (ρ_s), densidad de las partículas (ρ_p), contenido de agua gravimétrico (w) y la densidad del agua (ρ_w). Se estudiaron las interacciones de cuatro niveles de compactación (C) de 0, 12, 24, 36 golpes por capa siguiendo la metodología Proctor, la humedad a través de la variación de las frecuencias de riego (H): (todos los días (H1), interdiario (H2), cada dos días (H3) y cada tres días (H4)) y se emplearon medidores de humedad para su monitorizado en base al probador con resistencia eléctrica marca Delmhost con bloques de yeso. Para la determinación de la resistencia del suelo $\tau = C + \sigma^* \tan(\phi)$ (en donde τ representa el esfuerzo cortante o cizalleo, C la cohesión y ϕ el ángulo de fricción interna) se utilizó el aparato triaxial. El volumen de suelo enraizado (V_{SR}) se midió porcentualmente en base al área y profundidad de suelo enraizado y la longitud radical en base a la máxima profundidad alcanzada por las raíces. Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial simple (4X4) con dieciséis tratamientos (Tr) (CiHi, $i=1,4$), cuatro repeticiones, cuatro niveles de compactación por capa y cuatro frecuencias de riego, para un total de sesenta y cuatro unidades experimentales en recipientes de polímeros de 30 cm de diámetro, 30 cm de altura y 1,5 cm de grosor, cortados en dos mitades longitudinalmente por el centro y amarrados como lo muestra la figura 1. La cosecha se realizó entre los setenta y dos (72) y setenta y cinco (75) días. Se utilizó 24,57 kg (8,19 kg/capa) de suelo por cilindro. Aplicación de 2,74 g/cilindro de 25-100-120 kg/ha de N-P-K. Se empleó un (l) litro (l) de agua por frecuencia de riego.

$$E_a = n - \theta = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}\right) - \frac{w^* \rho_s}{\rho_w} \quad (1)$$

Estadísticamente se utilizó el análisis de regresión, el análisis de variancia (ANDEVA), la mínima diferencia significativa (MDS), el mejor subconjunto del método de regresión, regresión y superficie de respuesta.



Figura 1. Cilindros, martillo Proctor, soporte de golpes y medidores de humedad utilizados en el estudio.

RESULTADOS

Se creó un polinomio de tercer grado de trece términos en el cual $L = F(Ea, H)$; en donde L , Ea y H representaron el crecimiento radical longitudinal, la porosidad aerífera producto de la compactación y las frecuencias de riego respectivamente. Al permitir la regresión múltiple la optimización del polinomio creado, los términos H , $Ea \cdot H$, $Ea^2 \cdot H$, $Ea^2 \cdot H^2$, $Ea^3 \cdot H$, $Ea^3 \cdot H^2$ y $Ea^3 \cdot H^3$ fueron eliminados con valores de P mayores de 0,05, para forjar un polinomio de tercer grado con seis términos mostrado en la Ecuación 2, con un R^2 de 92,33, R^2 ajustado a los grados de libertad de 87,21, en el cual cada término consta de un P menor de 0,000. Al aplicar superficie de respuesta a la Ecuación 2 se obtuvo la figura 2. Tanto la regresión múltiple como superficie de respuesta fueron ejecutadas con Statgraphic.

$$L = 26269,7 + 1834,11 \cdot Ea - 42,622 \cdot Ea^2 + 17,163 \cdot H^2 + 0,33 \cdot Ea^3 - 0,011 \cdot Ea^2 \cdot H^3 + 0,00042 \cdot Ea^2 \cdot H \quad (2)$$

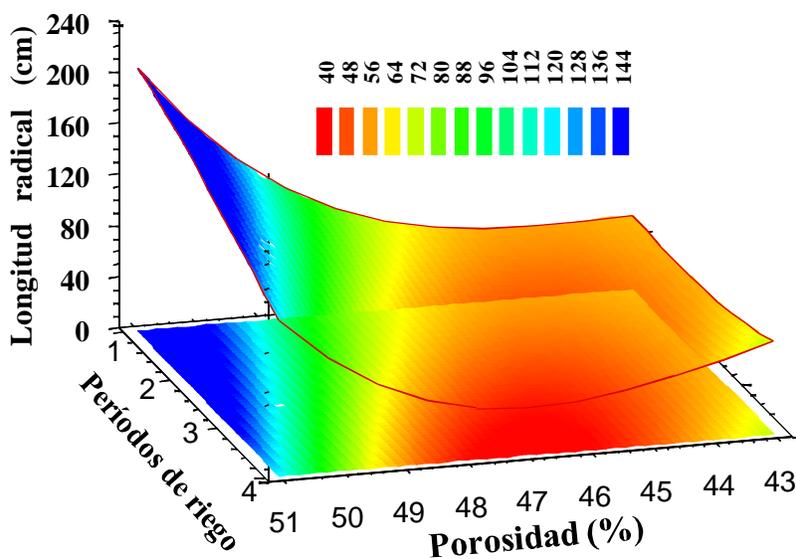


Figura 2. Superficie de respuesta de la longitud radical (L) versus período de riego (H) y porosidad aerífera (Ea).

Las Figuras 3 y 4 muestran el volumen de enraizamiento registrados durante el proceso del crecimiento radical de la soya. Se contempla que el mayor volumen de enraizamiento se alcanzó para los tratamientos C4H2, C1H1, C2H1, C3H1 y C4H1, los cuatro niveles de compactación con las frecuencias H1 y H2 en donde se lograron las mayores humedades. Esto coincide con los resultados estadísticos obtenidos. Las curvas de tensión cortante (τ) para diferentes tensiones normales muestran que la resistencia del suelo estudiado en condiciones adecuadas de humedad producto de las frecuencias de riego H1 y H2 para las plantas, se hicieron imperceptibles.

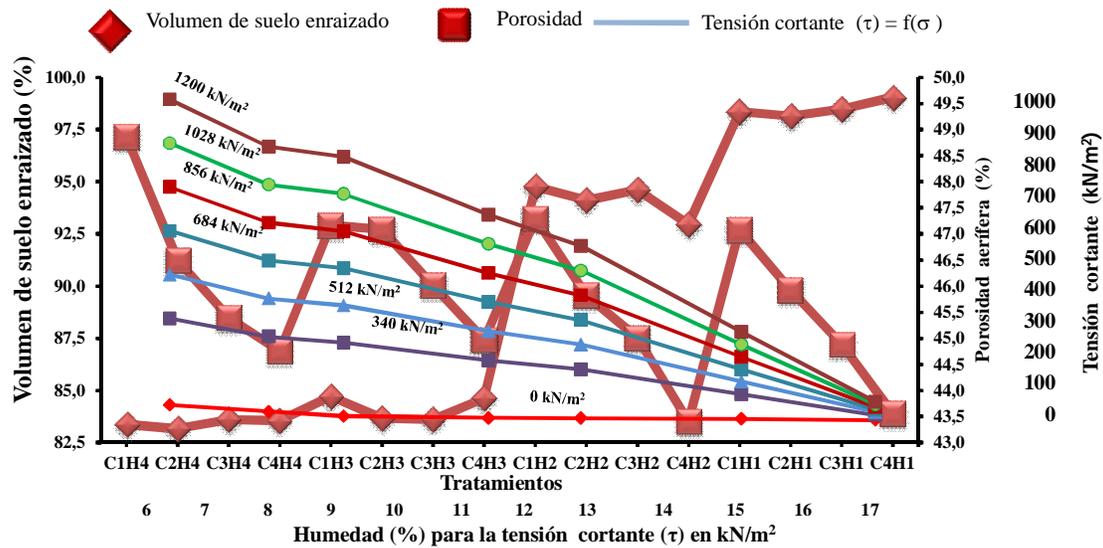


Figura 3. Volumen del suelo enraizado versus tratamiento (Tr), porosidad aerífera (Ea) y la tensión cortante (τ).

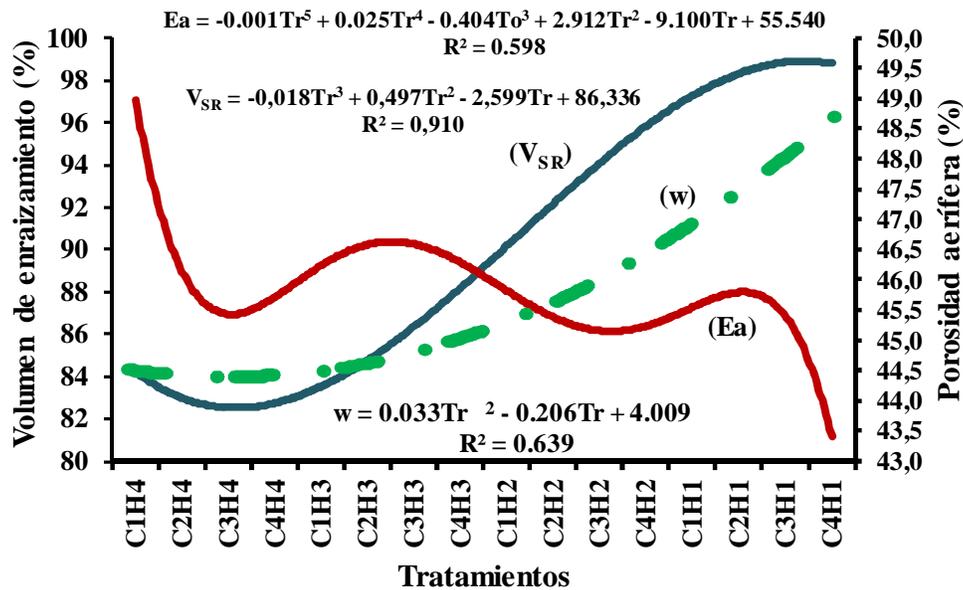


Figura 4. Volumen de suelo enraizado (V_{SR}) versus tratamientos (Tr), porosidad aerífera y humedad del suelo.

La Figura 5 evidencia el volumen radical obtenido con los tratamientos C4H4 (36 golpes/capa (C4) con riego cada tres días (H4)) y C4H2 (36 golpes/capa y riego interdiario (H2)). Esto soporta los resultados expuestos en las gráficas y las derivaciones del análisis estadístico.



Figura 5. Vista de los tratamientos C4H4 y C4H2 del volumen de enraizamiento desarrollados al final del experimento.

DISCUSIÓN

En la Figura 3 se percibe que la humedad fue la que más influyó en el desarrollo radical. La porosidad aerífera, con aceptado porcentaje, producto del efecto compactante, mostró afectar el crecimiento, pero con menor predominio que se aprecia con el recorrido de la sombra azul intensa adyacente a la coordenada de las frecuencias de riego que exponen las

mayores evaluaciones de la longitud radical como se nota en la paleta de valores. En los niveles más altos de resistencia del suelo, las raíces son más sensitivas al déficit de humedad (Davis, 1984). Las Figuras 3, 4 y 5 muestran que el mejor desarrollo radical, en función del volumen de enraizamiento, se reflejó para el período de riego diario e interdiario, que fue aumentando con el incremento de la humedad. Esto coincide con los resultados estadísticos obtenidos. Estos resultados están secundados por Blouinet *al.*, (2004); Hossneet *al.*, (2003); Hossne, (2004). De acuerdo a Iijima and Kono (1991), Yamauchi (1993), Grzesiak *et al.* (1999, 2002), Masle (2002), Fageria *et al.* (2006) y Taylor *et al.* (1967).

CONCLUSIONES

Las frecuencias de riego diario e interdiario produjeron resultados por encima de la gran media tanto para el volumen de enraizamiento (90,08%) como para la longitud radical (52,31 cm) para los cuatro niveles de porosidad aerífera. El desarrollo radical evaluado resultó ser mayormente influenciado por el contenido de humedad del suelo. La tensión normal, y la resistencia del suelo que es función inversa de la humedad, no influyeron cuando se aplicaron las frecuencias de riego que produjeron las mayores humedades del suelo. La porosidad aerífera, producto de los niveles de compactación, no mostró influencia. El aumento del contenido de humedad influyó más sobre el descenso de la porosidad aerífera que la compactación.

LITERATURA CITADA

- Blouin, V., M. Schmidt, C. Bulmer and M. Krzic. 2004. Soil compaction and water content effects on lodgepole pine seedling growth in British Columbia. SuperSoil 2004: 3rd Australian New Zealand Soils Conference, 5 – 9 December 2004, University of Sydney, Australia. Published on CDROM. Website www.regional.org.au/au/asssi/. vblouin@sfu.ca.
- Davis, G.R. 1984. Effect of soil compaction on root growth of *Pinus radiata* D. Don. IN, Proc. Symp. Site and Productivity of Fast Growing Plantations. 2:871-877.
- Fageria NK, Balingar VC, Clark RB 2006 Physiology of crop production. The Haworth Press Inc., New York, London, Oxford, pp.23-60.
- Grzesiak S, Hura T, Grzesiak MT, Pieńkowski S 1999 The impact of limited soil moisture and waterlogging stress conditions on morphological and anatomical root traits in maize (*Zea mays* L.) hybrids of different drought tolerance. *Acta Physiol. Plant.* 21: 305- 315.
- Hossne, G. A. 2004. Evaluación terramecánica del crecimiento radical en un suelo Ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela. *UDO Agrícola* 4(1): 45-52.
- Hossne, G. A., J. Christopher, G. Paredes, E. Carvajal, E. Santaella, J. Malaver y A. Cova. 2003. Resistencia terramecánica en función de la humedad edáfica de un suelo Ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela. *Bioagro* 15(3): 173-181.
- Iijima M, Kono Y 1991 Inter specific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. *Jpn. J. Crop Sci.* 60:130-138.
- Masle J 2002 High soil strength: mechanical forces at play on root morphogenesis and in root:shoot signaling. In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U, Eds., *Plant Roots the Hidden Half*. Marcel Dekker Inc, New York, Basel, pp. 807-819.

- Ponder, Jr. F. 2004. Soil compaction affects growth of young shortleaf pine following litter removal and weed control in the missouriozarks. Proceedings of the 14th Central Hardwoods Forest Conference. NC Research Station, 208 Foster Hall, Lincoln University, Jefferson City, MO 65102, e-mail: fponder@fs.fed.us. pp. 255-264.
- Rahman, M. H., M. Hara and S. Hoque. 2005. Growth and nutrient uptake of grain legumes as affected by induced compaction in andisols. International Journal of Agriculture and Biology: 1560-8530/07-5-740-743, <http://www.ijab.org>.
- Taylor, H.M. 1974. Root behavior as affected by soil structure and strength. p. 271-291. In The Plant Root and Its Environment. Carson, E.W., Ed. Univ. Press of Virginia, Charlottesville.
- Taylor, H.M., G.M. Roberson and J.J. Parker, Jr. 1967. Cotton seedling taproot elongation as affected by soil strength changes induced by slurring and water extraction. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31: 700-704.
- Taylor, H.M., and E. Burnett. 1964. Influence of soil strength on root-growth habits of plants. Soil Sci. 98:174-180.
- Tokunaga, A. A. 2006. Effects of bulk density and soil strength on the growth of Blue wildrye (*elymusglaucusbuckl.*). A Thesis Presented to The Faculty of Humboldt State University for the Degree Masters of Science In Natural Resources: Rangeland Resources and Wildland Soils. 59 p.
- Yamauchi A 1993 Significance of root system structure in relation to stress tolerance in cereal crop. In: Low-input sustainable crop production system in Asia. Korean Soc. CropSci., Korea, pp. 347-360.