

MODELOS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays L.*) CON ACOLCHADOS PLÁSTICOS EN LA COMARCA LAGUNERA

José Alfredo Montemayor Trejo¹⁶, Edith Suarez González¹⁷, Juan Munguía López¹⁸, Miguel Ángel Segura Castruita¹, Pablo Yescas Coronado¹, Jorge Arnaldo Orozco Vidal¹ y José Luis Woo Reza^{*19}

Resumen

En la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México. Se ubica la principal cuenca lechera del país. Por lo tanto, el establecimiento de cultivos forrajeros ejerce la mayor presión para la explotación de los recursos hídricos en esta región. Lo anterior genera la necesidad constante de adaptar y/o modificar los sistemas de producción actual. El objetivo de esta investigación fue obtener modelos del comportamiento del índice de área foliar (IAF) en función de los días después de siembra en el cultivo de maíz forrajero y la producción de materia seca y su relación con el IAF. Se evaluaron tres colores de acolchado plástico: blanco, plata, negro y como testigo el suelo sin acolchar en un diseño de bloques con arreglo en franjas. El trabajo se desarrolló en la Pequeña Propiedad Esmeralda, en el municipio de Gómez Palacio, Dgo. Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los

¹⁶ Docente-Investigador del Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón- San Pedro Km. 7.5 Torreón, Coahuila. México. Tel (871) 7 50 71 98 jtmontemayor@hotmail.com

¹⁷ Alumna del Programa de Maestría en Ciencias en Irrigación del Instituto Tecnológico de Torreón

¹⁸ Docente-Investigador del Centro de Investigación de Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna 140 CP 25253 Saltillo, Coahuila. México. (844) 43 89 858

¹⁹ Docente-investigador Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Km 14.5 Carretera San Luis Potosí – Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez. CP 78321 San Luis Potosí, SLP. México. Tel (444) 852 40 56



colores de acolchado para la producción de materia seca, pero si hubo diferencia con respecto al suelo sin acolchar. Se obtuvo un modelo de crecimiento del IAF en función de los días después de siembra tipo cuadrático para acolchado $Y_{ca} = -0.002X^2 + 0.294X - 5.8183$ $R^2=0.97$ y sin acolchar $Y_{sa} = -0.0017X^2 + 0.259X - 5.503$, $R^2=0.94$. El modelo obtenido para la producción de materia seca en función del IAF fue de tipo lineal $Y_{ca} = 86.295X - 110.84$, $R^2=0.92$ y $Y_{sa} = 65.761X - 55.764$, $R^2=0.91$ ambos para el sistema con y sin acolchado. Se concluye que la utilización de acolchados plásticos para la producción de maíz forrajero incremento los rendimientos hasta un 25 por ciento más con respecto al sistema sin acolchar.

Palabras clave: *Zea mays L*, materia seca, índice de área foliar.

Introducción

Las técnicas para modificar el microclima en los cultivos como el acolchado plástico favorecen una mayor rentabilidad de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2000). Evitan el desarrollo de las malezas al no dejar pasar la luz fotosintética y permiten ahorrar el agua que estas pudieran consumir, desde el punto de vista térmico el acolchado se comporta como un filtro de doble efecto, que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de éste durante la noche, lo anterior evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas (Robledo y Martín, 1988). En México, la sobre explotación de los acuíferos y la baja productividad del agua de tan solo 1.6 kg de materia seca por metro cubico de agua aplicada en los distritos de riego (CONAGUA 2010) y la poca



disponibilidad de agua observada en algunas presas del país en los últimos años, hacen urgente el establecimiento de estrategias para hacer un uso racional y eficiente de este recurso. Los factores principales que reducen la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción agropecuarios son: la limitación y alto costo del agua de riego, la creciente degradación de suelos debido a problemas de salinidad y los sistemas de producción. Éstos están basados en un número limitado de cultivos y que se establecen año tras año, lo que inducen a problemas de comercialización y que provocan el incremento de plagas y enfermedades (Santamarina *et al.*, 2006). El maíz forrajero en la Comarca Lagunera para el ciclo primavera – verano del 2012 represento una superficie de 33,215 ha y su rendimiento medio fue de 46,697 kg ha⁻¹ (El siglo de Torreón 2013). Sin embargo, este cultivo ha demostrado tener un potencial de 70,000 kg ha⁻¹ de forraje en verde (Montemayor *et al.*, 2007). Lo anterior se ha logrado incorporando nuevas tecnologías derivadas de los plásticos como es el riego por goteo sub superficial. Los objetivos de la presente investigación fueron: obtener los modelos del crecimiento del índice de área foliar en función de los días después de siembra y la producción de materia seca en función del índice de área foliar. Ambos, en el cultivo de maíz producido en un sistema de acolchado plástico y sin acolchado.

Materiales y métodos

La investigación fue realizada durante el ciclo primavera – verano del año 2012, en la Pequeña Propiedad Esmeralda ubicada en el Municipio de Gómez Palacio, Durango



México. La textura del suelo es franco arenoso con una capacidad de retención de humedad de $0.2 \text{ gr de agua gr suelo}^{-1}$. La siembra se realizó en suelo seco durante los primeros días de mayo, ésta fue realizada en forma manual con el híbrido Pioneer 30A60, este híbrido es clasificado de ciclo intermedio con duración al corte de 100 a 110 días para la producción de forraje. Previo a la siembra se estableció el acolchado plástico y una cinta de riego en cada cama de siembra. Éstas fueron separadas a una distancia de 1.5 m. La configuración de la siembra fue de dos hileras de plantas por cada un cama con una separación de 50 cm entre hileras y 13 cm entre plantas, la población estimada fue de $101,508 \text{ plantas ha}^{-1}$. El plástico fue perforado al momento de la siembra y se colocó una semilla por cada orificio realizado. Los acolchados evaluados fueron el acolchado blanco, plata y negro. El suelo sin acolchar fue considerado como testigo. El diseño experimental fue en bloques completos con arreglo en franjas y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta fueron: peso fresco y seco de planta e índice de área foliar, el peso fresco y seco fueron medidos en forma semanal, y el procedimiento fue tomar cuatro plantas de cada unidad experimental para obtener el peso fresco y posteriormente mediante secado en estufa, obtener el peso de materia seca. El índice de área foliar se midió cada semana durante el periodo de 25 a los 98 DDS, las lecturas fueron tomadas con el equipo LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, EE.UU.) El modelo del comportamiento del índice de área foliar en función de los días después de siembra y el modelo de producción de materia seca en función del IAF fueron obtenidos utilizando el método de regresión lineal.

Resultados y discusión

Producción de materia seca. La materia seca producida por planta fue mayor en los sistemas de acolchado (Cuadro 1) en el plástico color plata se obtuvo el mayor peso, seguido por el negro y posteriormente el blanco. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística entre los diferentes colores de los acolchados plásticos. La diferencia en materia seca producida entre el acolchado color plata vs plantas sin acolchar fue de 89 gr que equivalen a un 25.7 por ciento. Easson y Fearnough (2000) encontraron un incremento de 18.3 por ciento de materia seca al comparar un cultivar de maíz con acolchado plástico y sin acolchar; concluyen que en acolchado plástico se requirieron 15 por ciento menos unidades calor para alcanzar la etapa de polinización y 33 por ciento más de unidades calor fueron disponibles de la polinización a la cosecha. Zhang *et al.* (2011) encontraron incrementos de 8 a 24 por ciento al comparar sistemas de acolchado plástico con prácticas de manejo tradicionales en maíz. Bakhia *et al.* (2009) evaluó diferentes acolchados en diferentes densidades de plantas hectárea en maíz, concluye que estos afectaron a todos los parámetros estudiados como la altura de planta, índice de área foliar entre otros.

Cuadro 1. Comparación de materias seca, en tres colores de acolchado plástico y sin acolchado.

Acolchado	Blanco	Plata	Negro	Sin acolchado	√CME
-----------	--------	-------	-------	---------------	------

gr planta ⁻¹	291 ^{ab}	346 ^a	323 ^{ab}	257 ^b	38.30
-------------------------	-------------------	------------------	-------------------	------------------	-------

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, prueba de Tukey <0.05

Índice de área foliar. La (Figura 1) muestra el comportamiento del índice de área foliar con respecto a los días después de siembra, los modelos encontrados en ambos sistemas de producción fueron de tipo polinomio de segundo orden, es decir, un efecto lineal y posteriormente un efecto cuadrático. Jean-Claude *et al.* (2013) menciona que IAF tiene un comportamiento típico, este inicia con un crecimiento lento, seguido por un crecimiento rápido (etapa vegetativa), hasta alcanzar un valor máximo y posteriormente disminuye por la senescencia de las hojas y porque las plantas alcanzan la madurez fisiológica. Comportamientos similares son reportados por (Guevara *et al.*, 2005; Montemayor *et al.*, 2012). En ambos sistemas de producción, el mayor de IAF coincide con la etapa de floración del cultivo, los valores estimados de IAF fueron de cinco para acolchado y de cuatro para el sistema sin acolchar. Una buena estimación del IAF es importante para estimar la interceptación de la luz por el cultivo, transpiración y acumulación de biomasa y por lo tanto, tiene una gran influencia en el crecimiento y producción del cultivo (Birch *et al.*, 1988; Setiyono *et al.*, 2007). Guevara *et al.* (2005) reporta valores de IAF máximo de cinco para líneas separadas a 1.1 m y de seis para líneas separadas a 0.4 m en una densidad de siembra de 133,000 semillas ha⁻¹. Andrew y Shashi (2009) reportan valores máximos de IAF de 4.9 a 6.4 para un maíz bajo condiciones de irrigación con una evapotranspiración media durante el ciclo del cultivo de 548 mm en un periodo de estudio de cinco años. En condiciones de secano los mismos autores

reportan un IAF máximo de 3.1 a 4.4 con una evapotranspiración de 482 mm. Giaveno *et al.* (2002) reporta valores de IAF de 4.4 a 5.5 para maíces regados y fertilizados y valores inferiores a tres bajo condiciones de secano. En el modelo encontrado en el sistema de acolchado presenta un crecimiento lineal diario de IAF de 0.294, mientras que sin acolchar este valor es de 0.259, lo que representa un 12% menos de crecimiento con respecto al sistema de acolchado. Montemayor *et al.* (2012) encontró valores de 0.251, 0.155 y 0.106 para maíz irrigado con riego sub superficial, pivote central y gravedad. Concluye que la disminución del IAF se debe principalmente a un mayor estrés hídrico en la planta, este induce a una menor transpiración del cultivo, menos absorción de CO₂ y reducción en el proceso de fotosíntesis, lo anterior se ve reflejado en las variables fenológicas del cultivo como son: altura de planta, peso de materia seca y diámetro de tallo.

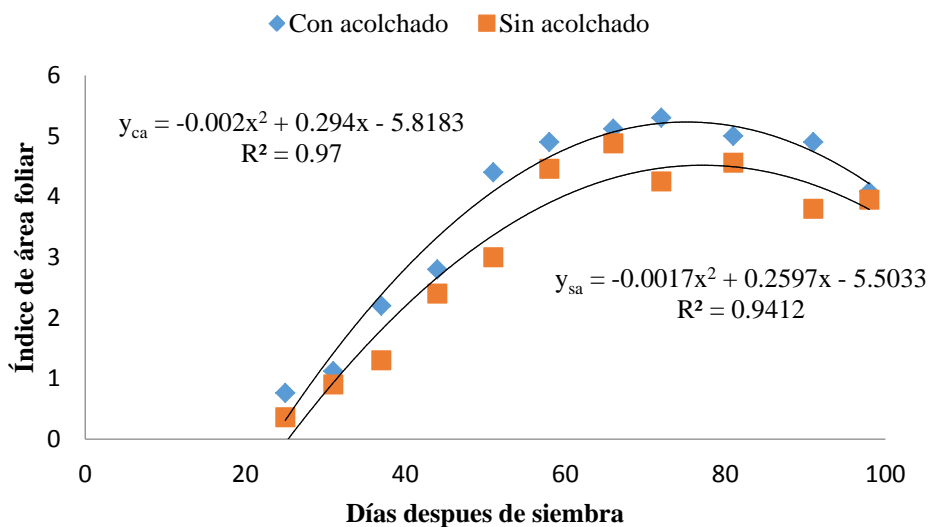




Figura 1. Comportamiento del índice de área foliar con respecto a los días después de siembra del maíz forrajero cultivado con y sin acolchado plástico.

Producción de materia seca e índice de área foliar. La (Figura 2) muestra la relación entre el IAF y la producción de materia seca en el sistema de acolchado y sin acolchar. Los modelos encontrados fueron de tipo lineal con coeficientes de correlación (R^2) de 0.92 y 0.91 respectivamente. Reta *et al.* (2007) evaluó diferentes separaciones entre surcos de maíz en dos años de estudio, en ambos ciclos, encontró modelos lineales para la producción de materia seca en función del IAF con $R^2 = 0.86$ y 0.79 respectivamente, concluye que el incremento en materia seca se debe al mayor índice de área foliar que se desarrolla en las etapas tempranas del cultivo, su acumulación es en tallos y hojas pero no modificó significativamente el índice de cosecha. Zhang *et al.* (2011) indica que un mayor índice de área foliar proporciona una acumulación más grande de biomasa y por consiguiente mayor producción de grano ($7,251 \text{ kg ha}^{-1}$) y una eficiencia del uso del agua de 2.41 kg m^{-3} . Adekayode and Olojugba (2010) reportan una correlación positiva de 0.97 en la producción de grano e índice de área foliar, mencionan que el IAF y el ángulo de distribución de las hojas son importantes parámetros para estimar el intercambio de energía y gases en los doseles del cultivo. La distribución y cantidad de área foliar así como el ángulo de las hojas son factores que controlan la intercepción luz dentro del dosel del maíz (Elings, 2000; Stewart *et al.*, 2003). Subedi y MA (2005) reportan que al remover



todas las hojas que se encuentran en la parte inferior de la hoja de la mazorca después de la antesis, redujo la producción de grano de 17 a 25%. La pendiente obtenida en los modelos del IAF y la materia seca producida por planta fue de 86.29 gr planta IAF⁻¹ en el sistema de acolchado y de 65.76 gr planta IAF⁻¹ en el sistema sin acolchar. Lo anterior representa un incremento de 23.8 % de materia seca producida en el sistema de acolchado con respecto al sistema sin acolchar. Renquist y Martin (1982) señalan que con acolchado de polietileno durante el verano, se requiere un tercio del agua en comparación a la que se necesita cuando se cultiva sin acolchado, concluyen que el acolchado mejora la eficiencia del uso del agua y se expresa en un mayor rendimiento de frutos; esto como resultado de la mejor conservación de la humedad del suelo e indirectamente por las mayores temperaturas de suelo registradas. Zribi *et al.* (2011) indica que el acolchado plástico favorece la estabilidad estructural y fertilidad del suelo, reduce la salinización del suelo que se manifiesta en una mayor producción de materia seca.

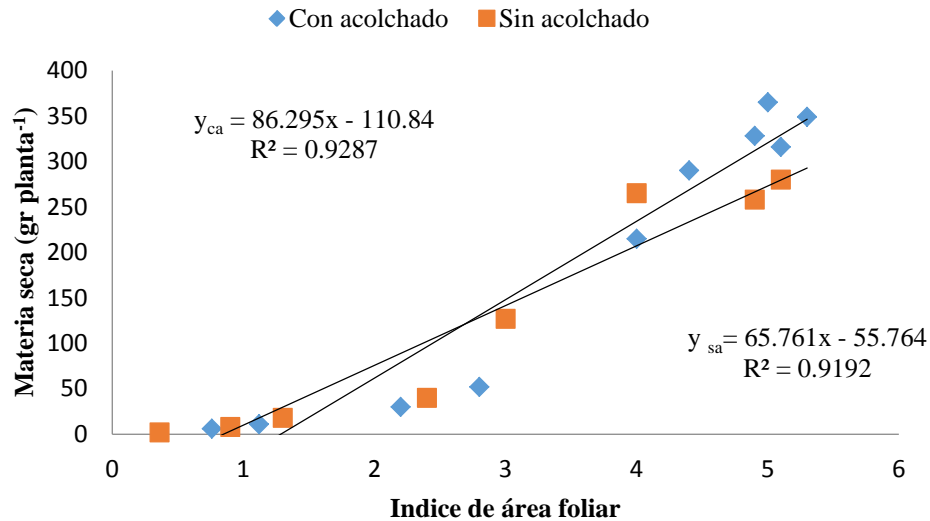


Figura 2. Producción de materia seca en función del índice de área foliar del maíz forrajero cultivado con y sin acolchado.

Conclusiones

La materia seca producida entre los colores de acolchado no fue estadísticamente diferente. Sin embargo, la mayor producción fue obtenida en el plástico color plata, seguido por el negro y posteriormente el color blanco. La utilización de acolchados plásticos para la producción de maíz forrajero incremento los rendimientos hasta un 25 por ciento más con respecto al sistema sin acolchar. El crecimiento del índice de área foliar en función de los días después de siembra fue descrito por un modelo lineal cuadrático y la producción de materia en función del índice de área foliar fue descrito por un modelo lineal.

Literatura citada



- Adekayode, F.O and M. R. Olojugba 2010. The utilization of wood ash as manure to reduce the use of mineral fertilizer for improved performance of maize (*Zea mays* L.) as measured in the chlorophyll content and grain yield. *Journal of Soil Science and Environmental Management* Vol. 1(3): 40-45.
- Andrew, E. S, and B. V. Shashi. 2009. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize–soybean cropping systems. *Agric. For. Meteorol.* 149: 3-4 y 443-452.
- Bakhtiar, G., K. M. Bahadar, G. Hassan, K. Azim, S. Hashim and K. Ahmad. 2009. Impact of tillage, plant population and mulches on biological yield of maize. *Pak. J. Bot.*, 41(5): 2243-2249, 2009.
- Birch, C. J., G. L. Hammer and K. G. Rickert. 1988. “Improved Methods for Predicting Individual Leaf Area and Leaf Senescence in Maize (*Zea mays*),” *Australian Journal of Agricultural Research* 49 (2): 249-262.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009. Edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed). México, D.F. 323 p.
- Easson and Fearnehough. 2000. Effects of plastic mulch, sowing date and cultivar on the yield and maturity of forage maize grown under marginal climatic conditions in Northern Ireland. *Grass and Forage Science*, 55: 221–231.
- El Siglo de Torreón. 2013. Resumen Comarca Lagunera 2012. Cia. Editora de la Laguna S.A de C.V. Torreón, Coahuila, México. 80 p.



- Elings, A. 2000. Estimation of leaf area in tropical maize. *Agron. J.* 92: 436-444.
- Guevara E., A., G. Barcenas H., F. R. Salazar M., S. González E., y H. Suzán A. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 39: 431-439.
- Giaveno, C. D., A. Pilatti M., y P. Marano R. 2002. Riego suplementario en el centro de Santa Fe: Maíz para silaje I- Respuesta productiva en diferentes épocas de siembra. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 1 (2): 15-23.
- Jean-Claude, L. L., R. V. Kizungu., K. C. Nkongolo., M. M. Lufuluabo., M. Tsumbu. 2013. Growth and Leaf Area Index Simulation in Maize (*Zea mays* L.) under Small-Scale Farm Conditions in a Sub-Saharan African Region. *American Journal of Plant Sciences* 4: 575-583.
- Montemayor T., J.A., J. Olague R., M. Fortis H., R. Bravo S., J. A. Leos R., E. Salazar S., J. Castruita L., J. C. Rodríguez R., y J. A. Chavaría G. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra Latinoamericana* 25 (2): 163-168.
- Montemayor T.J.A., J.L. Lara M., J.L. Woo R., J. Munguía L., M. Rivera G., R. Trucíos C. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango México. *Agrociencia*. 46(3): 267-278.
- Renquist, B. y Martin. 1982. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation regimes on subsequent flowering and fruiting of "Olympus" strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107(2): 373-376.

- Reta S., G. D., J. A. Cueto W., A. Gaytan M., y J. Santamaria C. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fosforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agric. Téc. Méx.* 33 (2): 145-151.
- Robledo, F. y Martin, L. 1988. *Aplicación de los plásticos en la agricultura.* Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 573 p.
- Rodríguez H., S., A., R. Santana J., O. Córdova H., A. Vergara N., A. J. Lozano del R., M. Mendoza E., y J. G. Bolaños J. 2000. Caracteres de importancia para el fitomejoramiento del maíz para ensilaje. *In Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética.* Sociedad Mexicana de Fitogenetica (eds). Irapuato, Guanajuato., México. pp: 148.
- Santamarina J.C, D.G. Reta. S, J.F.J. Chavez. G, José A. Cueto. W, J.I. Romero. P. R. 2006. Caracterización de medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la comarca lagunera. 1ra. Edición. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental de la laguna. 240 p.
- Setiyono, T. D., A. Weiss, J. Spcht, A. M. Bastidas, K. G. Cassman and A. Dobermann. 2007. "Understanding and Modeling the Effect of Temperature and Daylength on Soy-bean Phenology under High-Yield Conditions," *Field Crop Research*, Vol. 100 (2): 257-271.
- Stewart, D. W., C. Costa, L.M. Dwyer, D.L. Smith, H.I. Hamilton, B.L. MA. 2003. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. *Agron. J.* 95: 1465-1474.



Subedi, K. D., B.L. MA. 2005. Ear position leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Sci.* 45: 2246-2257.

Zhang, S., L. Pingru, Y. Xueyun, W. Zhaohui, C. Xinping. 2011. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize. *Soil and Tillage Research.* Vol. 112 (1):92-97.

Zribi, W., J. M. Faci, R. Aragüés. 2011 Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de los suelos agrícolas. *Información técnica económica agraria* 107 (2): 148-162.