

Efecto de la adición de tres especies de abonos verdes sobre la morfología del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en un Pado Agrogénico, Cuba.

Socarrás Armenteros Yoandris ¹

RESUMEN

Los abonos verdes son plantas que se cultivan para ser incorporadas al suelo y suministrar nutrientes y es por esto que constituyen una alternativa natural y económica frente a los fertilizantes minerales. Con el objetivo de evaluar en condiciones campo el efecto de la adición de los abonos verdes sobre las variables morfofisiológicas del cultivo de maíz. Se desarrolló una investigación en un suelo de baja fertilidad natural de la Finca ‘‘Aeropuerto’’, Cienfuegos, Cuba. Se empleó un diseño completamente aleatorizado, con 20 réplicas y cuatro tratamientos: Suelo agrogénico (testigo), Suelo agrogénico + *Sorghum vulgare*, Suelo agrogénico + *Crotalaria juncea*, Suelo agrogénico + *Canavalia ensiformis*. A los 60 días, se incorporaron los abonos verdes al suelo y a los 20 días después se realizó la siembra del cultivo de maíz. Se evaluaron indicadores morfológicos del cultivo, rendimiento de biomasa fresca y seca. Los resultados indicaron diferencias estadísticas en el número de hojas, altura de la planta y diámetro del tallo a los 20,30,40,50 dda, la mejor respuesta fue con el abono verde C. ensiformis, con diferencia al resto de los tratamientos. La producción de biomasa fresca y seca mostró diferencias significativas en la variante C. ensiformis con relación al testigo y el resto de los abonos verdes. Los resultados sugieren el abono verde C. ensiformis para favorecer el desarrollo de las variables morfofisiológica del cultivo de maíz y el rendimiento de la biomasa fresca y seca.

Palabras clave: Pado Agrogénico, biomasa, rendimiento, abono.

1. Docente de la Universidad de Cienfuegos ‘‘Carlos Rafael Rodríguez Rodríguez’’ (UCF), Facultad de Ciencias Agrarias, Cienfuegos, Cuba, correo: ysocarras@ucf.edu.cu

Fecha de recepción: 31/03/2023

Fecha de aceptación: 30/05/2023

Effect of the addition of three species of green manures on the morphology of the corn crop (*Zea mays* L.) in an Agrogenic Pado, Cuba.

ABSTRACT

Green manures are plants that are cultivated to be incorporated into the soil and supply nutrients and that is why they constitute a natural and economical alternative to mineral fertilizers. With the objective of evaluating in field conditions the effect of the addition of green manures on the morphophysiological variables of the corn crop. An investigation was carried out in a soil of low natural fertility of the Finca "Aeropuerto", Cienfuegos, Cuba. A completely randomized design was used, with 20 replicates and four treatments: agrogenic soil (control), agrogenic soil + *Sorghum vulgare*, agrogenic soil + *Crotalaria juncea*, agrogenic soil + *Canavalia ensiformis*. After 60 days, the green manures were incorporated into the soil and 20 days later, the corn crop was planted. Morphological indicators of the crop, fresh and dry biomass yield were evaluated. The results indicated statistical differences in the number of leaves, plant height and stem diameter at 20,30,40,50 ddg, the best response was with the green manure *C. ensiformis*, unlike the rest of the treatments. The production of fresh and dry biomass showed significant differences in the variant *C. ensiformis* in relation to the control and the rest of the green manures. The results suggest the green manure *C. ensiformis* to favor the development of the morphophysiological variables of the corn crop and the yield of fresh and dry biomass.

Keywords: Agrogenic brown, biomass, yield, fertilizer.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento, desarrollo y producción de un cultivo depende de su naturaleza genética y de los mecanismos físicos y fisiológicos. También es susceptible de medirse, ya que es un proceso cuantitativo y puede expresarse en términos de peso seco, altura y diámetro de tallo, y está relacionado con el aumento en masa del organismo; el rendimiento puede referirse a la cantidad total de biomasa seca producida por la planta, incluyendo la raíz, a lo que se denomina rendimiento biológico o biomasa, o puede referirse exclusivamente a aquellos órganos útiles al hombre, en cuyo caso se le llama rendimiento agronómico (Werner y Leihner, 2005).

El uso de fertilizantes químicos especialmente la urea, disminuye la fertilidad del suelo, baja el contenido de humus, elimina los microorganismos, lo acidifica, inhibe la capacidad noduladora de las leguminosas y finalmente promueve la erosión (González, 2014).

El cultivo de maíz requiere suelos con buen drenaje, de textura media, profundos, sin exceso de calcio y con un pH entre 6 y 7, no son favorables los muy arcillosos ni los muy arenosos. De ser necesario utilizar un suelo arcilloso, la siembra debe realizarse en el período seco o de frío (García, 2014).

La utilización de los abonos verdes constituye una práctica agronómica, que consiste en la incorporación de una masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas, con la finalidad de aumentar la disponibilidad de los nutrientes y

beneficiar las propiedades del suelo (Da Costa 1991; Álvarez et al., 1995), la reducción de la erosión del suelo, el mejoramiento de la calidad del suelo y el aumento de la biodiversidad en el área de cultivo (Castro et al., 2017). Además, elevan los tenores de materia orgánica del suelo y mejoran las propiedades físicas (Creamer y Baldwin 2004; Espíndola et al., 2004, Astier et al., 2006).

Sin embargo, la incorporación de leguminosas en el suelo, aumentado el rendimiento en el cultivo de maíz hasta 18 % por encima del testigo e incluso, hasta 10 % combinado con fertilizante nitrogenados (Scotta et al., 2018).

Asimismo, en el este de Uganda utilizaron diferentes leguminosas como abono verde (*Crotalaria ochroleuca* L, *Mucuna pruriens* (L) DC, *Lablab purpureus*, *Canavalia ensiformis* (L)) y lograron rendimientos de grano de maíz (*Z. mays*) de 50 a 60 % más altos en comparación con los rendimientos (Fischler y Wortmann, 1999). También, en Kenia, después de incorporar *M. pruriens*, *C. ensiformis*, *C. ochroleuca* y *L. purpureus*, aumentó la producción de grano de *Z. mays* de 35 a 100 % en comparación con la aplicación de fertilizante nitrogenado (Kinyua et al., 2019).

En Brasil se han reportado aumentos en producción de grano de maíz de hasta 20% en el segundo año de uso de *Canavalia ensiformis* como abono verde (Heinrichs et al. 2005). Además, en Cuba la incorporación de la *Crotalaria juncea* L en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado en la llanura Habana – Matanza, aumentó en el rendimiento del maíz en 2,4 t ha⁻¹ (218 %) (García et al., 2013).

Por su parte, en Cuba existen pocos trabajos al respecto, abordando, sobre todo, el efecto de la sustitución total de fertilizantes minerales por el empleo de los abonos verdes (Garcías ,2013). Por tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar en condiciones campo el efecto de la adición de los abonos verdes sobre las variables morfoagronómicas del cultivo de maíz.

METODOLOGÍA

Se realizó un experimento en condiciones de campo, con un diseño en franjas, ubicadas en la finca “Aeropuerto” del municipio Cienfuegos, durante el período comprendido de julio – diciembre de 2021. Se realizó en un suelo Pardo Agrogénico según la clasificación de Hernández et al. (2015). En la Tabla 1, se muestra las características químicas del suelo.

La siembra de los abonos verdes (AV) (*Sorghum vulgare*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, L) se realizó a finales del mes de julio de 2019, con un marco de plantación de 0.45 m por 0.30 m para la canavalia y, marco de plantación de la *Crotalaria* y el *Sorgo* fue de 0.45 m entre hileras y alto número de semillas.m-1.

Se estudiaron cuatro tratamientos correspondientes a la evaluación de las especies (T1) *Sorghum vulgare* Pers., (T2) *Crotalaria juncea* L. y (T3) *Canavalia ensiformis* De Candolle y un tratamiento control el suelo desnudo (T4).

A los 60 días posteriores a la siembra de los AV, inmediatamente se procedió al corte con machete, se asperjó sobre la parcela uniformemente el material verde picado y luego se enterró con un azadón, picando el suelo a una profundidad de 5 cm, evitando disturbios el suelo. Inmediatamente después de la incorporación de los abonos verdes, se realizó la preparación del suelo.

Tabla 1

Propiedades químicas del suelo Pardo Agrogénico.

Profundidad (cm)	pH H ₂ O	M.O (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	K	Suma
			(mg kg ⁻¹)		(cmol _c kg ⁻¹)				
0 -18	7,8	2,62	110,83	0,60	26,5	9,0	0,46	0,50	36,46
18 – 42	7,9	2,55	77,17	0,45	23,0	12,0	0,57	0,38	35,95
42 – 60	8,4	1,97	20,22	0,43	23,5	5,0	0,84	0,36	29,70
60	8,4	1,06	51,75	0,44	24,0	1,0	1,36	0,37	26,73

Luego a los 20 días después de la incorporación del abono verde en el suelo. Se realizó la siembra del cultivo de maíz de forma manual utilizando un marco de plantación de 0.70 m x 0.25 m. Para evaluar los indicadores morfológicos del cultivo, se seleccionaron 20 plantas de maíz y se muestrearon cada siete días las siguientes variables morfoagronómicas:

- Números de hojas: Se contó el número de hojas por planta sin tomar en cuenta el daño mecánico por insectos.
- Altura de las Plantas (cm): desde la base del tallo hasta el pedúnculo, Se utilizó una regla métrica.
- Diámetro de los Tallos (cm): tomado desde la base del tallo con pie de rey.

A los 50 días de la germinación se extrajeron las plantas de maíz, para realizarle el pesaje de la Biomasa Fresca Aérea (BFA) y Biomasa fresca de la Raíz (BFR) en una balanza de precisión digital modelo (Acom JW-1, nivel de precisión 0,1 g), una vez pesadas cada muestra fueron colocadas en la estufa a una temperatura de 68 °C, cuando alcanzaron el peso constante de cada muestra, se le realizó pesaje de cada muestra Biomasa Seca Aérea (BSA) y la Biomasa Seca de la Raíz (BSR).

Procesamiento estadístico

Se determinó la prueba de análisis de varianza unifactorial se aplicó a cada una de las variables. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, las medias fueron

comparadas por la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($p < 0.05$). Los datos obtenidos se procesaron mediante el paquete estadístico STATGRAPICS® Centurion XV.

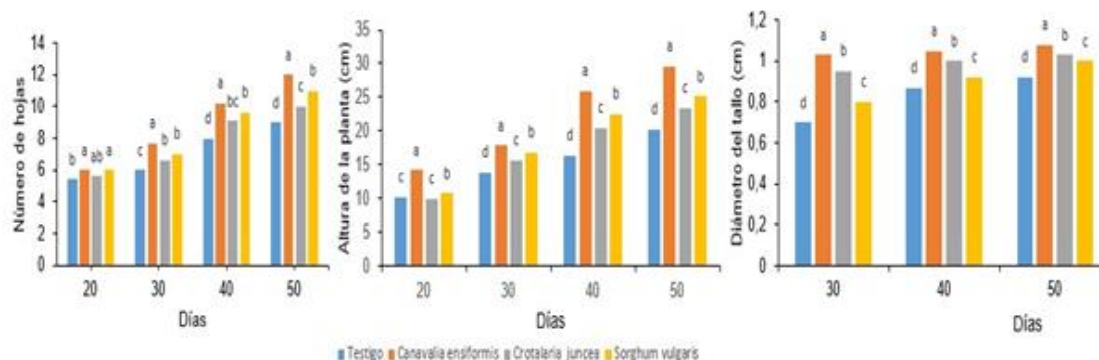
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de las diferentes especies de abonos verdes sobre las variables de crecimientos del cultivo maíz.

Las incorporaciones de las especies de abonos verdes al suelo manifestaron un efecto beneficioso en los parámetros de crecimientos del cultivo de maíz (Figura 1). En cuanto al número de hojas a los 20 días no se mostró diferencias significativas entre las especies de abonos verdes. Sin embargo, en el tratamiento de *C. ensiformis* y *S. vulgare* las plantas maíz mostraron un número mayor de emisiones de hojas que el control con diferencias estadística, mientras que la especie *C. juncea* no mostró diferencias significativas respecto al control ambos con valores similares.

Además, en las observaciones realizadas al cultivo de maíz a los 30, 40 y 50 días se pudo apreciar una mayor emisión de hojas en el tratamiento donde se le incorporó *C. ensiformis* con respecto a los demás tratamientos con diferencias estadísticas, luego le sigue las especies *S. vulgare* desde los 30 a los 50 días, asimismo la *C. juncea* a los 30 y 40 días al contrario del tratamiento testigo.

Figura 1



En la figura 1, se puede observar los efectos de las diferentes especies de abonos verdes sobre los parámetros de crecimientos del cultivo de maíz. Medias con letras diferentes significa diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Con relación a la altura de las plantas la especie de abono verde *C. ensiformis* estimuló el crecimiento de las plantas de maíz en todos los muestreos realizado al cultivo desde los 20 hasta los 50 días con diferencias estadística con relación al testigo, mientras que el tratamiento con *S. vulgare* contribuyó valores intermedios.

El diámetro del tallo, la *C. ensiformis* mostró efecto beneficioso a los 30, 40 y 50 días demostrando los valores más altos con diferencias significativas, en oposición al testigo. En este caso las plantas que se hallaban en el tratamiento *C. juncea* revelaron mayor diámetro que las plantas con el tratamiento *S. vulgare* y testigo con diferencia estadística.

Estos resultados antes expuestos demuestran que *C. ensiformis* L., es una fabácea que tiene cierto nivel de fijación de N en los suelos ácidos, se encuentran dentro del rango 41 y 280 kg ha⁻¹ (España et al., 2006). Por otra parte, varios autores reportaron sobre el potencial de fijación

de N por esta fabácea encontraron que fijan entre 96 y 244 kg N ha⁻¹ (Chikowo et al., 2004; Vera et al., 2008). También refieren diversos autores resultados similares al emplear *C. ensiformis* como AV/CC, los que atribuyen un efecto marcado en la fijación de nitrógeno y en el aporte de materia orgánica (Prager et al., 2012).

Por esta razón Córdova et al. (2011) demostraron que esta fabácea cuando se asocia con el maíz H-Z31 presentó igual fijación de nitrógeno (FN) con el maíz criollo; sin embargo, esta fabácea con el maíz VS-536 presentó la menor FN con 25 kg ha⁻¹, debido a que ejerce mayor competencia con las fabáceas.

Los resultados de este estudio sugieren que la leguminosa por su baja relación C: N realizó una conversión y descomposición rápida del material vegetal, tal como explican Martín y Rivera (2002).

Efectos de las diferentes especies de abonos verdes sobre la biomasa del cultivo de maíz.

La Tabla 2, muestra el efecto de las diferentes especies de abonos verdes sobre la biomasa fresca y seca de la parte aérea del cultivo. Los resultados muestran diferencias estadísticas en el rendimiento de biomasa aérea fresca y seca de las plantas de maíz, con mayor peso de biomasa fresca y seca las plantas del tratamiento con *C. ensiformis* con diferencias significativas al resto de los tratamientos.

La acumulación de nitrógeno para los abonos verdes (leguminosas) varían según la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua en el suelo y las especies de leguminosas (Armstrong et al., 2018; Wang et al., 2018; Dayoub et al., 2017).

La biomasa fresca y seca de la raíz mostraron diferencias estadísticas significativas, la *C. ensiformis* recalcó el mayor peso de la biomasa fresca y seca que el tratamiento testigo, sin embargo, la *C. juncea* y el *S. vulgare* mostraron valores similares, ambos no mostraron diferencias estadísticas, pero si con el testigo.

Tabla 2

Efectos de los diferentes abonos verdes sobre el la biomasa fresca y seca de la planta maíz.

Tratamientos	Peso de la Biomasa (g)			
	BFA	BSA	BFR	BSR
Testigo	42,5 ^d	5,34 ^d	11,90 ^c	2,15 ^c
Canavalia	47,07 ^a	9,14 ^a	17,99 ^a	3,25 ^a
Crotalaria	44,90 ^c	6,72 ^c	13,81 ^b	2,53 ^b
Sorgo	45,36 ^b	7,32 ^b	14,13 ^b	2,49 ^b
CV (%)	0,48	3,20	3,16	8,52
ES(x)	0,068	0,072	0,144	0,070

Medias con letras diferentes significa diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Por esta situación ante mencionada Castro et al., 2017 refiere que los abonos verdes evaluados (*Canavalia brasiliensis*, *Lablab purpureus*, *Clitoria ternatea* y *Vigna unguiculata*) la producción de biomasa de maíz fue más alta (20 - 30%) con el uso de leguminosas que con la dosis de N comúnmente usada en la zona (50 kg ha⁻¹).

El empleo combinado de *C. ensiformis*, junto a la inoculación micorrízica del cultivo principal, permitió que este cultivo alcanzara rendimientos en masa seca similares a los obtenidos con el control de producción, en condiciones de microparcels, con una reducción del 50 % de la dosis del fertilizante mineral aplicado (Martín et al., 2013).

De acuerdo con los estudios hechos por el Souza et al. (2018) y Melo et al. (2019), especies de la planta usadas como abono verde como las especies de la planta leguminosas pueden promover los cambios positivos en las propiedades de fisico-químico del suelo aumentando el Carbono (C) del suelo el, nutrientes, sobre todo cuando su residuo de la planta está totalmente incorporado en el perfil de la tierra (Austin et al., 2017; Demir e Isik, 2019; Ashworth et al., 2019).

La producción de materia seca del pasto en donde se incorporó el abono verde + estiércol fue superior en un 32% a la obtenida con el testigo sin incorporación de abono verde (Barros y Rodríguez, 2003).

CONCLUSIONES

La incorporación de *C. ensiformis* (L) en el suelo como abono verde favorece el desarrollo de las variables morfofisiológica del cultivo de maíz como el número de hojas, altura de la planta y diámetro del tallo. El mayor rendimiento de la biomasa fresca y seca de la parte aérea y la raíz se encontró en la *C. ensiformis* superando al testigo.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, M., GARCÍA, M. y TRETO, E. (1995). “Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura”, *Cultivos Tropicales*, 16(3),9-24.

ASHWORTH, A.J., OWENS, P.R., ALLEN, F.L. (2019). Long term cropping systems management influences soil strength and nutrient cycling. *Geoderma*. <https://doi.org/10.1016/j>.

ASTIER, M., MAASS, J.M., ETCHEVERS, J.D., PEÑA, J.J., GONZÁLEZ, F. (2006). “Short – term greenmanure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol”, *Soil & Tillage Research*, 88(1/2), 153–159, 2006.

AUSTIN, E.E., WICKINGS, K., MCDANIEL, M.D., ROBERTSON, G.P., GRANDY, A.S. (2017). Cover crop root contributions to soil carbon in a no-till corn bioenergy cropping system. *GCB Bioenergy*, 9(7), 1252–1263. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12428>

BARROS, H., Y RODRÍGUEZ, F. (2003). Incorporación de abono verde y orgánico en pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) asociado a Caranganito (*Senna atomaria*) en la baja Guajira. *PRODUMEDIOS*, Valledupar, Cesar, COL.

CASTRO, R.E., SIERRA, A., MOJICA J.E., CARULLA, J.E. Y LASCANO, C.E. (2017). Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. *Archivos de Zootecnia*, 66 (253),99-

106.

CHIKOWO, R., MAPFUMO, P., NYAMUGAJAFAJA, P. Y GILLER, K. E. (2004). "Woody legume fallow productivity, biological N₂ fixation and residual benefits to two successive maize crops in Zimbabwe." *Plant and Soil*, 262 (1-2), 303-315.

CREAMER, N.G., BALLWIN, K.R. (2004). Summer cover crops, 2/99–HIL-37 North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina A & T State University, North Carolina, USA.

DA COSTA, M.B.B. (1991). *Adubacao verde no sul do Brasil*, Ed. EMBRAPA, Rio de Janeiro, Brasil.

DAYOUB, E., NAUDIN, C., PIVA, G., SHIRTLIFFE, S.J., FUSTEC, J AND CORRE, H. G. (2017). Traits affecting early season nitrogen uptake in nine legume species. *Heliyon*, 3(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00244>

DEMIR, Z AND IŞIK, D. (2019). Effects of cover crops on soil hydraulic properties and yield in a persimmon orchard. *Bragantia*, 78(4), 596-605. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2010197>

ESPAÑA, M., CABRERA, B. E. AND LÓPEZ, M. (2006). "Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from Venezuelan savannas using ¹⁵N." *Interciencia*, 31(3), 197-201.

ESPÍNDOLA, J.A.A., DE ALMEIDA, D.L., GUERRA, J.G.M. (2004). *Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica*, 24pp., Documentos (174), Ed.

EMBRAPA, Agrobiologia, Brasil.

FISCHLER, M. Y WORTMANN, C. S. (1999). Green manures for maize-bean systems in eastern Uganda. *Agronomic performance and farmers' perceptions*. *Agrofor. Syst.* 47 (1):123-138, DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006234523163>.

GARCÍA, C. A. (2014). Cadena producción distribución comercialización consumo del maíz en Granma (Dimensión ecológico productiva). *Observatorio de soberanía alimentaria y agroecología. Investigación sistematización OSALA*.

GARCÍA, M. (2013). "Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz", *Cultivos Tropicales*, 23(3), pp. 19–30, ISSN 0258-5936.

GONZÁLEZ, M. (2014). Fertilizantes edáficos y sus usos en la agricultura moderna para una mejor producción agrícola, 5, 2-4.

HEINRICHS, R., VITTI, C.G., MOREIRA, A., FIGUEIREDO, P.A.M., FANCELLI, A.L., CORAZZA, E.J. (2005). Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Rev Bras Ciênc Solo*, 29(1), 71-79.

KINYUA, M., DIOGO, R. V. C., SIBOMANA, J., BOLO, P. O., GBEDJISSOKPA, G., MUKIRI, J. (2019). Green manure cover crops in Benin and Western Kenya. A review. Nairobi: CIAT. CIAT Publication No. 481. <https://hdl.handle.net/10568/105923>.

MARTÍN, A. G. M., RIVERA, E. R. Y PÉREZ, D. A. (2013). "Efecto de canavalia, inoculación micorrízica y dosis

de fertilizante nitrogenado en el cultivo del maíz”. *Cultivos Tropicales*, 34(4), pp. 60-67, ISSN 0258-5936.

MARTÍN, G.M. Y RIVERA, R. (2002). Participación del nitrógeno de los abonos verdes en la nutrición nitrogenada del Maíz (*Zea mays* L.) cultivado sobre suelo Ferralítico rojo. *Cultivos Tropicales*. Vol. 23 (3), p. 91-96.

MELO, L.N., SOUZA, T.A.F., SANTOS, D. (2019). Transpiratory rate, biomass production, and leaf macronutrient content of different plant species cultivated on a Regosol in the Brazilian semiarid. *Russian Agricultural Sciences*, 45(2), 147-153. <https://doi.org/10.3103/S1068367419020150>

PRAGER, M., SANCLEMENTE, O., SÁNCHEZ, DE P. M., GALLEGU, J. Y ÁNGEL, D. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. En *Revista Agroecología*, Murcia España, 7, p.53 - 62.

SALGADO, G. S. Y NÚÑEZ, E. R. (2010). Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados y Mundi Prensa. México. 146 pp.

SCOTTA, R. G. DE M., FILHO, G. C., MACHADO, C. V. DE., DOTTO, M. A., PELUZIO, J. M. & AFFÉRI, F. S. (2018). Efeitos de adubação nitrogenada de cobertura em milho consorciado. *RBAS*, 8 (3), 73-80, DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i3.2995>

SOUZA, T.A.F., SANTOS, D. (2018). Effects of using different host plants and long-term fertilization systems on population sizes of infective arbuscular mycorrhizal fungi *Symbiosis* 76, 139-144.

VERA, N. J. A., INFANTES. J. P., VELASCO, V. V., SALGADO, G. S., PALMA, L. D. J., GRAGEDA, C. O. A., CÁRDENAS, N. R. AND PEÑA, C. J. J. (2008). “Influence of p fertilization on biological nitrogen fixation in herbaceous legumes grown in acid savannah soil from the Tabasco state, Mexico.” *Journal of Sustainable Agricultura*, 3, 25-42.

WANG, L., PALTA, J.A., CHEN W., CHEN Y., DENG X. (2018). Nitrogen fertilization improved water-use efficiency of winter wheat through increasing water use during vegetative rather than grain filling. *Agricultural Water Management* 197, 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.11.010>

Werner, R. y Leihner, D. (2005). Análisis del crecimiento vegetal, pp. 4-20. Villalobos R.E. (ed.). Volumen siete. Editorial Universidad de Costa Rica, Turrialba. 41 p