

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto del Azofert® en el rendimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de déficit hídrico

Effect of Azofert® on the yield of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) under conditions of water deficit

Wilfredo Estrada Prado¹, Licet Chávez Suárez¹, Eduardo Jerez Mompie², María Caridad Nápoles García², Ariel Sosa Rodríguez¹, Cristóbal Cordoví Dominguez¹ y Fernando Celeiro Rodríguez¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuaria "Jorge Dimitrov". Carretera a Manzanillo km 16 ½, Bayamo, Granma, Cuba. CP 85100

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32700

E-mail: estrada@dimitrov.cu

RESUMEN

Se evaluó el efecto del Azofert® en la inducción de la tolerancia de variedades de frijol al déficit hídrico. El experimento se desarrolló durante el período 2013-2014 en la CCSF (Cooperativa de Créditos y Servicios Fortalecida) "Roberto Aguilar", municipio Bayamo, provincia Granma, Cuba. Se utilizaron las variedades CC-25-9R y Tomeguín-93 a las cuales se le aplicaron cuatro tratamientos, consistentes en condiciones normales de riego durante todo el ciclo del cultivo y condiciones de déficit hídrico al inicio de la floración, formación y llenado de las vainas. En cada caso se aplicó Azofert®, con una dosis 200 mL por cada 50 kg de semilla en el momento de la siembra y como controles se utilizaron tratamientos sin la aplicación de este producto. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo a parcelas divididas y cuatro réplicas. Se seleccionaron 10 plantas al azar por cada tratamiento para evaluar longitud de las vainas (cm), ancho de las vainas (mm), diámetro de las vainas (cm), número de vainas por plantas, número de semillas por vainas, número de semillas por plantas, peso de las semillas por planta (g), peso de 100 semillas (g) y rendimiento (t ha⁻¹). Los resultados mostraron el efecto significativo del Azofert® en el incremento de la tolerancia al déficit hídrico de las variedades estudiadas.

Palabras claves: Azofert®, componentes del rendimiento, frijol

ABSTRACT

The effect of Azofert® on the induction of tolerance of bean varieties to water deficit was evaluated. The experiment was developed during the period 2013-2014 at the Cooperative for Credits and Services Strengthened "Roberto Aguilar", Bayamo municipality, Granma, Cuba. Varieties CC-25-9R and Tomeguín-93 were used, which were applied four treatments, consisting of normal irrigation conditions throughout the crop cycle and conditions of water deficit at the beginning of flowering, formation and filling of the pods. In each case Azofert® was applied, with a dose of 200 mL per 50 kg of seed at the time of planting and as controls treatments were used without the application of this product. A randomized block design was used according to divided plots and four replicates. Ten plants were selected at random for each treatment to evaluate pod length (cm), pod width (mm), pod

diameter (cm), number of pods per plant, number of seeds per pods, number of seeds per plant, weight of seeds per plant (g), weight of 100 seeds (g), as well as yield ($t\ ha^{-1}$). The results showed the significant effect of Azofert® in increasing tolerance to the water deficit of the studied varieties.

Keywords: Azofert®, yield components, bean

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es la especie de las leguminosas de grano más importante del mundo para el consumo humano, debido a que proporciona una fuente significativa de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta humana. Para más de 300 millones de personas en el mundo, el frijol es un componente importante de la dieta diaria (Mederos, 2013). En Cuba, esta leguminosa tiene gran importancia porque forma parte importante en la dieta del cubano, y se cultiva a lo largo y ancho del país, con un área total sembrada de 104 500 ha en el año 2015 (ONEI, 2016).

El cultivo del frijol común está influenciado por un grupo de factores climático, edáfico y biótico en Cuba, entre los cuales pueden producirse complejas interacciones (Corzo *et al.*, 2015). Debido a eso se plantea que el 60 % de la producción mundial se obtiene bajo condiciones de déficit hídrico, lo que ha llevado a considerar la sequía como el segundo factor limitante para su rendimiento, después de las enfermedades. La sequía constituye uno de los estreses más importantes, inhibe el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos (Seckin y Aksoy, 2014), por lo que afecta la sostenibilidad de la agricultura.

En la búsqueda de vías para aumentar la producción de alimentos, en las condiciones del cambio climático que impone sequías intensas y prolongadas, surgen muchos productos naturales que permiten a las plantas superar las situaciones de estrés, lo que favorece el crecimiento, desarrollo y rendimiento, entre los que se encuentran biofertilizantes y bioestimulantes (Álvarez, 2014).

En tal sentido el Azofert® es un inoculante a base de bacterias del género *Rhizobium*, capaz de asociarse con las plantas leguminosas y formar nódulos en sus raíces, dentro de los cuales fijan el nitrógeno del aire y lo brindan directamente a la planta, por lo que se reduce de esta forma el uso de fertilizante químico (Nápoles *et al.*, 2016). Por todo lo anterior se desarrolló un experimento con el objetivo de evaluar efecto del Azofert® en la inducción de la tolerancia de variedades de frijol al déficit hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre noviembre de 2013 y febrero de 2014 en la CCSF “Roberto Aguilar”, Bayamo, Granma, Cuba. Se utilizaron semillas comerciales de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de las variedades CC-25-9R y Tomeguín-93. El suelo sobre el cual se ejecutó el experimento se clasifica como pardo sin carbonato o cambisoles según la última versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015) con las características químicas que aparecen en la Tabla 1.

Los elementos climáticos se registraron en la Estación Meteorológica de la propia localidad y no tuvieron la misma tendencia durante el período experimental (Figura 1). Respecto a las temperaturas, se observó una respuesta variable, que propició un desarrollo normal al cultivo al estar en rangos de 23,5 a 27,2 °C, otro tanto ocurrió con la humedad relativa que sus valores oscilaron entre 66 y 82 %. Los otros elementos medidos fueron la velocidad del viento y las horas sol con similar tendencia y valores que

Tabla 1. Características químicas del suelo en el área de estudio

Prof. (cm)	M.O. (%)	pH KCl	P ₂ O ₅ mg 100g ⁻¹	K ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
					cmol kg ⁻¹			
0-25	3,00	6,5	2,77	35,75	26,81	6,36	1,15	0,75

Prof – Profundidad; M.O. – Materia Orgánica

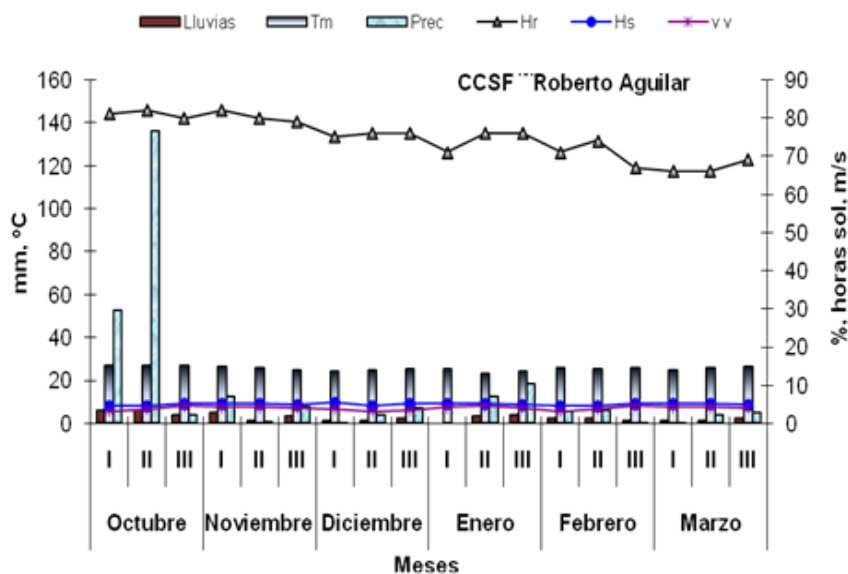


Figura 1. Dinámica de los elementos del clima

oscilaron entre 4,5 y 5,4 m s⁻¹, 3,2 y 4,5 horas. Las precipitaciones caídas alcanzaron valores entre 0 y 136,3 mm, cantidades muy por debajo de lo requerido por el cultivo para su normal desarrollo (MINAG, 2010).

La preparación del suelo se realizó con tractor YUNZ – 6 KM, en el siguiente orden: gradeo, rastrillo y surca. La siembra se efectuó en la segunda quincena del mes de noviembre del año 2013 de forma manual, en un marco de 0,70 m entre surcos. Las parcelas contaron con un largo de 5 m y 2,8 m de ancho para un área total de 14,00 m² y un área de cálculo 6,30 m², por descuento de los dos surcos laterales y 0,25 m al principio y final de cada surco con el objetivo de eliminar el efecto de borde.

Se utilizó un diseño de bloques al azar de cuatro réplicas, con arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas grandes fueron las dos condiciones de humedad y las parcelas pequeñas las variedades evaluadas. Las dos condiciones de humedad consistieron en aplicar los riegos correspondientes al abastecimiento hídrico según el instructivo técnico del cultivo (MINAG, 2010), y la suspensión del mismo a partir de la floración, formación y llenado de las vainas. El contenido de humedad en el suelo se evaluó antes de regar y después de efectuado el riego se controló por el método gravimétrico (Topp y Ferré 2002). A los tratamientos con Azofert[®] se le aplicó 200 mL por cada 50 kg de semilla en el momento de la siembra (Nápoles, 2003).

Los tratamientos fueron los siguientes:

- T1 - Riego + Azofert[®]
- T2 - Riego - Sin Azofert[®]
- T3 - Sin Riego + Azofert[®]
- T4 - Sin Riego - Sin Azofert[®]

Se tomaron 10 plantas por cada tratamiento y realizaron las siguientes evaluaciones: longitud de las vainas (cm), ancho de las vainas (mm), diámetro de las vainas (cm), número de vainas por plantas, número de semillas por vainas, número de semillas por plantas, peso de las semillas por planta (g), peso de 100 semillas (g), así como el rendimiento (t ha⁻¹).

Los datos obtenidos fueron procesados mediante el paquete estadístico Statistica versión 8.0 sobre Windows. La distribución normal de los datos se comprobó con la prueba de Kolmogorov – Smirnov y la homogeneidad de varianza por la prueba de Bartlett. Se realizó un análisis de varianza de clasificación doble y la comparación múltiple de medias se realizó a través de la prueba de Tukey para una probabilidad p < 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inoculación del frijol común con Azofert[®] en condiciones normales de riego permitió alcanzar mejores características de las vainas y los componentes del rendimiento en sentido general (Tabla 2). En ambas variedades existieron

Tabla 2. Características de las vainas y los componentes del rendimiento de frijol inoculadas con Azofert® en condiciones normales de riego y déficit hídrico

Variedad CC-25-9R								
Trat	LV (cm)	AV (cm)	DV (cm)	NVP	NSV	NSP	PSP (g)	P100S (g)
T1	9,92 a	0,96 a	0,63 a	18,35 a	5,10 a	93,72 a	7,53 a	18,29 a
T2	8,44 b	0,87 b	0,60 ab	16,70 ab	4,40 b	73,57 bc	5,85 b	17,20 b
T3	7,85 c	0,76 c	0,58 bc	15,27 b	3,75 c	57,62 c	5,15 c	16,17 c
T4	7,10 d	0,67 d	0,55 c	14,17 b	3,25 d	46,27 c	4,18 d	15,27 d
C.V. (%)	12,93	14,04	6,04	13,91	18,17	30,63	22,30	7,07
E.E.	0,26	0,02	0,008	0,56	0,18	5,19	0,31	0,29
Variedad Tomeguín-93								
T1	8,90 a	0,91 a	0,61 a	17,57 a	4,80 a	84,45 a	6,68 a	17,64 a
T2	8,00 b	0,81 b	0,60 ab	16,02 ab	4,10 b	65,95 b	5,40 b	16,70 b
T3	7,50 c	0,70 c	0,57 b	14,70 b	3,55 c	52,57 bc	4,77 c	16,18 b
T4	6,80 d	0,61 d	0,52 c	13,70 b	3,00 d	41,37 c	2,42 d	14,73 c
C.V. (%)	10,57	15,57	6,76	14,11	18,64	31,06	33,17	7,34
E.E.	0,20	0,02	0,009	0,54	0,18	4,74	0,39	0,29

LV: longitud de las vainas, AV: ancho de las vainas, DV: diámetro de las vainas, NVP: número de vainas por planta, NSV: número de semillas por vainas, NSP: número de semillas por planta, PSP: peso de semillas por planta, P100S: peso de 100 semillas

diferencias significativas entre el T1 y el resto de los tratamientos, excepto para los indicadores diámetro de las vainas y el número de vainas por plantas. Esto se debe a que se combina el efecto beneficioso del Azofert® que permite una mejor fijación biológica del nitrógeno unido a la satisfacción del requerimiento hídrico de la planta durante todo el ciclo del cultivo.

Como cabría esperar los tratamientos tres y cuatro mostraron un comportamiento inferior, al no disponer del agua necesaria durante la etapa reproductiva del cultivo, sin embargo, es necesario resaltar el efecto positivo del Azofert® sobre las características de las vainas y los componentes del rendimiento en condiciones de déficit hídrico. Los indicadores longitud de la vaina, ancho de la vaina, número de semillas por vainas, peso de semillas por planta y peso de 100 semillas mostraron diferencias significativas entre estos dos tratamientos en las dos variedades estudiadas.

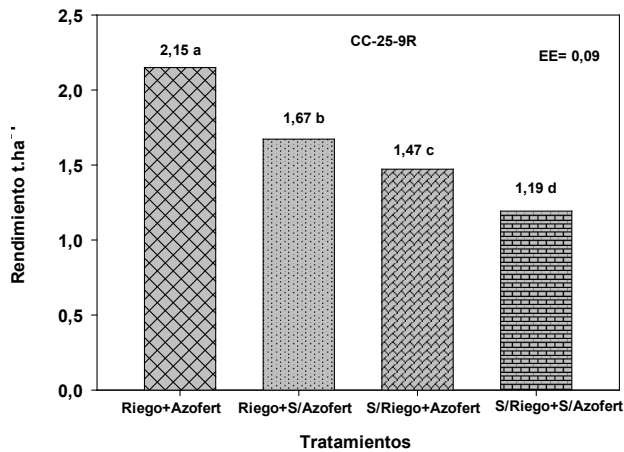
La sequía o la limitada disponibilidad de agua, es el principal factor que limita la producción de los cultivos (Yarnia et al., 2013). Según Acosta-Díaz et al. (2007) la etapa reproductiva del cultivo del frijol que incluye la floración, formación de vaina y llenado de grano, es la de

mayor susceptibilidad a la sequía debido a que en ella ocurre la máxima demanda de asimilados, lo que causa una reducción en el rendimiento del cultivo.

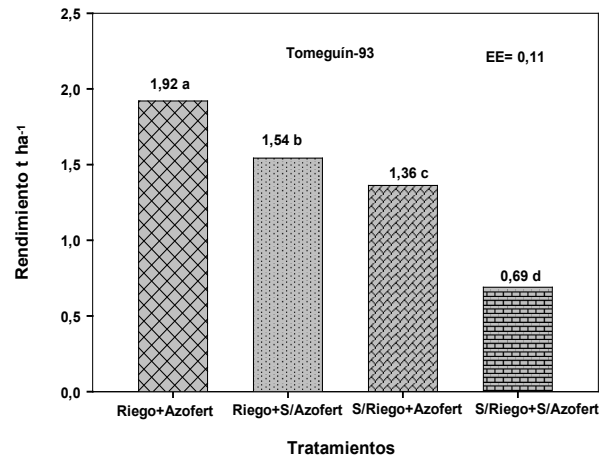
Para investigadores como Akçura (2011), el rendimiento del frijol en condiciones de sequía disminuye de un 50 a 72 %, lo que depende de la intensidad del déficit de agua y la tolerancia del cultivar. De acuerdo con Mohamed (2011), dependiendo de la duración del período de sequía y su magnitud, esta puede causar pérdidas en el rendimiento que oscilan entre el 20 al 100 %, en los campos del frijol.

La persistencia de las cepas de *Rhizobium* y su funcionamiento simbiótico se afectan por numerosos factores bióticos y abióticos, tales como la sequía y la falta de nitrógeno (los más significativos en muchas partes del mundo). Otro factor importante es la capacidad de exudación de las raíces, lo que estará determinado por asociaciones planta-microorganismo que sean capaces de permitir la supervivencia y tolerancia del *Rhizobium* durante la restricción hídrica (Da Silva Lobato et al., 2013).

En las Figuras 2 y 3 se muestra el rendimiento en las condiciones estudiadas. Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas



Figuras 2. Rendimiento en plantas de frijol de la variedad CC-25-9R inoculadas con Azofert® en condiciones normales de riego y déficit hídrico



Figuras 3. Rendimiento en plantas de frijol de la variedad Tomeguín-93 inoculadas con Azofert® en condiciones normales de riego y déficit hídrico

entre sí (en las dos variedades), mientras el T1 mostró un comportamiento superior al resto de los tratamientos. Si se analizan estos resultados desde el punto de vista de la reducción del rendimiento en las condiciones de déficit hídrico, respecto a las condiciones de riego, se puede observar que la variedad Tomeguín-93 es más susceptible a la sequía, pues su rendimiento disminuyó un 55 % en condiciones de déficit hídrico. Sin embargo, esta disminución fue solo del 29 % en la variedad CC-25-9R. Al respecto Baldoquín (2015) y Estrada (2015) informaron resultados similares al evaluar estas variedades en dichas condiciones.

Igualmente, la variedad Tomeguín-93 fue la que mejor respondió al Azofert® porque logró duplicar su rendimiento en condiciones de déficit hídrico cuando fue inoculada. Esto puede deberse a que la variedad CC-25-9R es tolerante pues posee sus propios mecanismos bioquímicos y fisiológicos para adaptarse a estas condiciones y por eso no puede expresar una mejor respuesta ante el tratamiento con este inoculante.

Los rendimientos obtenidos en esta investigación fueron superiores a los reportados por Baldoquín (2015). Una ventaja adicional del uso de los biofertilizantes es que no contaminan ni causan daño al suelo, las plantas, o al hombre. Por demás, incrementan el rendimiento de los cultivos a un bajo costo y permiten además complementar y por ello sustituir parcialmente a los fertilizantes químicos, principalmente los nitrogenados y fosfatados en aquellos suelos deficitarios. No obstante, existen trabajos que seleccionan estas bacterias por su potencial de

fijación y su tolerancia a condiciones estresantes, sin necesidad de modificarlas genéticamente (Nápoles *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

El déficit hídrico afectó significativamente a las variedades en los indicadores ancho de las vainas, número de semillas por vainas, peso de semillas por planta y peso de 100 semillas; solo se vieron favorecidas las plantas tratadas con Azofert®.

El rendimiento recibe influencia marcada por el nivel de humedad en el suelo así como en la aplicación de Azofert® y es la variedad CC-25-9R la de mejor respuesta en dichas condiciones, con rendimiento de 2,15 y 1,92 t ha⁻¹, mientras que la variedad Tomeguín-93 alcanzó valores de 1,67 y 1,54 t ha⁻¹, respectivamente.

El déficit hídrico produjo un efecto directo sobre el rendimiento. Solo se lograron incrementos cuando se inoculó el Azofert®; mientras que sin inoculación de Azofert® se alcanzaron valores de 1,19 y 0,69 t ha⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA-DÍAZ, E., M.D. AMADOR-RAMÍREZ, J.S. PADILLA-RAMÍREZ, J.P. GÓMEZ-DELGADO, H. VALADEZ-MONTOYA. Biomasa y rendimiento de frijol tipo flor de junio bajo riego y sequía. *Agricultura técnica de México*, 33 (2): 153-162, 2007.

- AKÇURA, M., F. PARTIGO y Y. KAYA. Evaluating of drought stress tolerance based on selection indices in turkish bread wheat landraces. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21 (4): 700-709, 2011. ISSN: 1018-7081.
- ÁLVAREZ, C. N. Comportamiento agroproductivo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con diferentes frecuencia de aplicación del VIUSID agro. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo, Facultad Agropecuaria, Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", Sancti Spíritus, Cuba. 2014, 35 p.
- BALDOQUÍN, M. Efecto de la sequía sobre el rendimiento y sus componentes de genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba. 2015, 80 p.
- CORZO, M., D. RIVERO, L. ZAMORA, Y. MARTÍNEZ, B. MARTÍNEZ. Detección e identificación de nuevos aislados de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* en cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en la provincia Mayabeque, Cuba. *Revista Protección Vegetal*, 30 (2): 97-103, 2015. ISSN 2224-4697.
- DA SILVA LOBATO, A.K., J.A. GOMES DA SILVEIRA, R.C. LOBO DA COSTA, C.F. DE OLIVEIRA NETO. Responses of organisms to water stress. Chapter 3. Edited by Şener Akinci, Rijeka, Croatia, 2013, 188 p. ISBN 978-953-51-0933-4. En: <http://dx.doi.org/10.5772/46157> Consultado 7 de febrero de 2017.
- ESTRADA, W., JEREZ E., NÁPOLES, M. C., SOSA A., MACEO Y. Y CORDOVÍ C. Respuesta de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la sequía utilizando diferentes índices de selección. *Revista Cultivos Tropicales*, 37 (3): 79-84 2015. ISSN 1819-4087.
- HERNÁNDEZ, A., J. PÉREZ, D. BOSCH y N. CASTRO. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 2015, 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.
- MEDEROS, Y. Revisión bibliográfica: Indicadores de la calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Cultivos Tropicales*, 27 (3): 55-62, 2013. ISSN: 0258-5936.
- MINAG. Instrucciones técnicas para el manejo del cultivo del frijol. Dirección Nacional de Cultivos Varios, La Habana, Cuba. 2010, 25 p.
- MOHAMED, S.A. & H.I. MOHAMED. Alleviation of adverse effects of drought stress on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) y exogenous application of hydrogen peroxide. *Bangladesh Botany*, 41 (1): 75-83, 2011. ISSN: 2079-9926.
- NÁPOLES, M.C., J.C. CABRERA, R. ONDERWATER, R. WATTIEZ, I. HERNÁNDEZ, L. MARTÍNEZ y M. NÚÑEZ. Señales en la interacción *Rhizobium leguminosarum*-frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cultivos Tropicales*, 37 (2): 37-44, 2016.
- NÁPOLES, M.C., J.C. CABRERA, E. LUYTEN, B. DOMBRECHT, J. VANDERLEYDEN, J. HORMAZA y A. RODRÍGUEZ. Detección de factores Nod en *B. elkanii* ICA 8001. Influencia del medio de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 35 (1): 92-99, 2014. ISSN 1819-4087.
- NÁPOLES, M.C. Inducción de la nodulación en soya (*Glycine max*. L Merrill) por *Bradyrhizobium* sp. Influencia del medio de cultivo. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Biológicas, La Habana, Cuba. 2003, 119 p.
- ONEI, Oficina Nacional de Estadísticas e Información Sector Agropecuario. Indicadores seleccionados. Centro de Gestión de la Información Económica, Medioambiental y Social. La Habana, Cuba. 2016, 14 pp.
- SECKIN, B. and A. MERVE. Drought Tolerance of Knotgrass (*Polygonum Maritimum* L.) Leaves under different drought treatments. *Pak. J. Bot.*, 46 (2): 417-421, 2014. ISSN 2070-3368.
- TOPP, G.C. and P.A. FERRÉ. Thermogravimetric determinations using convective oven-drying, pp. 422-424. In: J.h. Dane and G.C. Topp (eds). Methods of soil analysis. part 4, physical methods. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, EE.UU. 2002.

YARNIA, M., N. ARABIFARD, F.R. KHOEI y
P. ZANDI. Evaluation of drought tolerance
indices among some winter rapeseed cultivars.

African Journal of Biotechnology, 10 (53):
10914-10922, 2013. ISSN 1684-5315, DOI
10.4314/ajb.v10i53.

Recibido el 8 de febrero de 2017 y aceptado el 19 de mayo de 2017