

Artículo Original

**Fuentes y dosis de enmiendas orgánicas en la producción de moringa**  
**Sources and doses of organic amendments in the production of moringa**

**Jimmy Walter Rasche Alvarez<sup>1</sup>**, **Diego Augusto Fatecha Fois<sup>1</sup>**, **Luis Marcelo Morán Fariña<sup>1</sup>**, **Diego Rafael Rojas Sosa<sup>1</sup>**, **Danya Esther Armoa Báez<sup>1</sup>**, **Sergio Luis Santacruz Escobar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias.  
San Lorenzo, Paraguay

<sup>2</sup>Moringa Ygua. Piribebuy, Paraguay

**RESUMEN**

La moringa puede representar un excelente suplemento alimentario, con alta factibilidad de producción en el Paraguay. Con el objetivo de evaluar el efecto de fuentes y dosis de enmiendas orgánicas sobre el cultivo de moringa, se implantó un experimento durante tres años en el distrito de Piribebuy, Cordillera, utilizando un diseño de bloques completos al azar, con un tratamiento adicional, con arreglo bifactorial, donde el factor 1 fueron las tres fuentes de enmiendas orgánicas (estiércol bovino, gallinaza y humus de lombriz) y el factor 2 los niveles "bajo", "medio" y "alto" de cada enmienda, siendo las dosis de 5, 10 y 15 t ha<sup>-1</sup> para estiércol bovino y gallinaza y 4, 6 y 8 t ha<sup>-1</sup> para humus de lombriz, más el testigo (sin enmienda), totalizando así diez tratamientos con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo, el peso de materia fresca (MF), materia seca (MS) y relación MF/MS. Se realizó el análisis de varianza y donde hubo diferencia significativa se compararon las medias por el test de Tukey al 5%. La aplicación de enmienda orgánica permite el aumento de la altura de planta, del diámetro de ramas y de la producción de hojas de moringa, comparado al testigo. La enmienda orgánica a base de gallinaza proporciona mayor altura de planta y diámetro de ramas y en nivel "alto" mejora la producción de materia fresca y materia seca de moringa en relación a las demás fuentes y niveles de enmiendas.

**Palabras clave:** *Moringa oleifera*; gallinaza; estiércol bovino; humus; producción orgánica.

**ABSTRACT**

Moringa can represent an excellent food supplement, with high production feasibility in Paraguay. In order to evaluate the effect of sources and doses of organic amendments on moringa cultivation, an experiment was implemented for three years in the Piribebuy district, Cordillera, using a randomized complete block design, with an additional treatment, with bifactorial arrangement, where factor 1 was the three sources of organic amendments (bovine manure, chicken manure and worm humus) and factor 2 the "low", "medium" and "high" levels of each amendment, being the doses of 5, 10 and 15 t ha<sup>-1</sup> for bovine manure and

---

**Autor correspondiente:** Jimmy Walter Rasche Alvarez. Docente Investigador de Tiempo Completo asociado a la Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay  
Email: [jwrasche@agr.una.py](mailto:jwrasche@agr.una.py)

Fecha de recepción: marzo 2021 Fecha de aceptación: mayo 2021



chicken manure and 4, 6 and 8 t ha<sup>-1</sup> for worm humus, plus the control (without amendment), thus totaling ten treatments with three repetitions. The variables evaluated were plant height, stem diameter, weight of fresh matter (MF), dry matter (DM) and MF / DM ratio. The analysis of variance was performed and where there was a significant difference the means were compared by the Tukey test at 5%. The application of organic amendment allows the increase of the plant height, the diameter of branches and the production of moringa leaves, compared to the control. The organic amendment based on chicken manure provides greater plant height and diameter of branches and at a "high" level it improves the production of fresh matter and dry matter of moringa in relation to the other sources and levels of amendments.

**Keywords:** *Moringa oleifera*, chicken manure, bovine manure, humus, organic production

## INTRODUCCIÓN

La moringa (*Moringa oleifera* Lam.) es una planta originaria de India que se desarrolla en climas tropicales y subtropicales (Moyo et al., 2011). Toda la planta y principalmente la hoja del cultivo puede ser utilizado para consumo humano como un alimento suplementar, caracterizado por su alto contenido de nutrientes y antioxidantes, así como por su elevado potencial forrajero, aportando proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, además de una alta capacidad antioxidante que puede servir para prevenir enfermedades, atribuyéndole propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas, antimicrobiano e inclusive anticancerígenas (Anwar et al., 2007; Gopalakrishnan et al., 2016, Tshabalala et al., 2019). Actualmente es un cultivo expandido por gran parte del mundo, siendo ya nombrado por Moisés Bertoni en nuestro país en el año 1927 (Bertoni, 2009).

Las hojas secas de moringa están compuestas de aproximadamente 30% de proteína bruta, 3,6% de calcio; 0,5% de magnesio; 0,3% de fósforo, 1,5% de potasio, 13 mg kg<sup>-1</sup> de zinc, 450 mg kg<sup>-1</sup> de hierro. Posee 17 ácidos grasos, donde el 44,6% es ácido  $\alpha$ -linolénico; 11,4% ácido heneicosanoico; 0,2% de ácidos g-linolénico; 0,17% de palmítico y 0,07% de ácido cáprico principalmente. Además contiene concentración de vitamina E de 0,77 mg g<sup>-1</sup>, betacaroteno 18,5 mg g<sup>-1</sup>, 11,4% de fibra detergente neutra, 8,5% de fibra detergente ácido, 3,2% de taninos y 2,0% de fenoles (Moyo et al., 2011), demostrando un alto aporte nutricional, sin embargo, aún no es consumido a gran escala, por desconocimiento de la población acerca de sus beneficios a la salud humana.

La producción de hojas de moringa es rápida y relativamente fácil, que de acuerdo al tipo de producción, puede ser cosechada en menos de un año del establecimiento del cultivo (Daba, 2016). El volumen de crecimiento de la moringa dependen directamente de las condiciones que presentan el suelo y de los fertilizantes o enmiendas que le son aplicados al cultivo (Mashela 2017; Haouvang et al., 2017; Haouvanget al., 2019). En ese contexto Dania et al., (2014) aplicando estiércol de aves, fertilizante químico NPK y fertilizante órgano mineral observaron que a los 60 días después de la siembra el número de hojas de moringa fueron 66%, 62% y 39% superiores en relación al testigo, donde el estiércol de aves fue el que presentó mayor el contenido de nutrientes en hojas de moringa en comparación a las otras fuentes de fertilizantes aplicados. Por su parte Haouvang et al., (2017) observaron que tanto la aplicación de estiércol de aves, estiércol bovino y caprino así como sus

mezclas con fertilizantes químicos mejoraron significativamente la altura de planta, el número de hojas y la longitud de hojas en comparación con el fertilizante químico NPK y el testigo.

En nuestro país aún son escasos los trabajos de investigación realizados con este cultivo y más aún en el sistema de producción orgánica, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de fuentes y dosis de enmiendas orgánicas sobre el cultivo de moringa durante tres años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el departamento de Cordillera, distrito de Piribebuy, compañía Colonia Piraretá. La parcela anterior al cultivo de moringa era utilizada con cultivo orgánico de caña de azúcar. El experimento fue conducido durante tres años, durante el periodo de octubre de 2015 a noviembre de 2018.

El suelo predominante del área experimental pertenece al orden Ultisol, de textura franco arcillosa, de color marrón rojizo oscuro, de fertilidad media. Los resultados del análisis químico inicial del suelo de la camada superficial de 0-20 cm realizado antes de la instalación del experimento se observa en la Tabla 1.

**Tabla1.** Resultado de análisis químico de la camada 0-20 cm de suelo antes de la implementación del experimento de moringa. Departamento Cordillera, ciudad Piribebuy, colonia Piraretá.

pH	MO %	P mg kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Na	Al
5,0	1,4	2,4	2,79	0,98	0,04	0,01	0,94

Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con un tratamiento adicional, con arreglo bifactorial. El factor 1 representa las tres fuentes de enmiendas orgánicas (estiércol bovino, gallinaza y humus de lombriz) y el factor 2 los niveles "bajo", "medio" y "alto" de cada enmienda, siendo la dosis de 5, 10 y 15 t ha<sup>-1</sup> para estiércol bovino y gallinaza y 4, 6 y 8 t ha<sup>-1</sup> para humus de lombriz, y el testigo (sin enmienda), totalizando 10 tratamientos con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo representada por un área de 9 m<sup>2</sup>, (3 m x 3 m), la superficie total del experimento fue de 270 m<sup>2</sup>.

Cada unidad experimental estuvo constituida por nueve plantas con tres hileras, de las cuales se evaluaron tres plantas situadas en forma diagonal. El distanciamiento fue de 1,5 m x 1,5 m alcanzando una densidad de 4.445 plantas ha<sup>-1</sup>.

Las enmiendas orgánicas se adicionaron en el primer año en el fondo de los hoyos recubiertas por suelo y posteriormente se realizó el trasplante de los plantines, y en el segundo y tercer año fueron aplicadas en una sola vez alrededor de las plantas.

Las fuentes de enmiendas orgánicas fueron proveídas por productores de la zona situadas cerca del local experimental, donde el estiércol bovino y la gallinaza fueron estacionadas por un mes antes de aplicar, con el propósito de humificación.

El control de malezas se realizó en el entorno a las plantas de forma manual mediante carpadas y de forma mecánica con pasada de monocultor en el medio de las melgas. No se realizó control fitosanitario de hongos ni de insectos, con excepción de hormigas cortaderas que cuando aparecieron en la zona se realizó

el control biológico de las mismas con aplicación de un producto a base del hongo *Beauveria bassiana* proveída por el Instituto Nacional de Tecnología Agraria-IPTA.

Las cosechas se realizaron en forma manual con tijeras de podar, realizando cuatro cortes en el primer y segundo año y tres cortes en el tercer año, totalizando 11 cortes. Las cosechas se realizaron a los 73, 127, 186 y 375 días posteriores al trasplante en el primer año. En el segundo año se realizaron las mediciones a los 63, 133, 196 y 308 días después de la aplicación de las enmiendas orgánicas en el tercer año se realizaron las mediciones a los 60, 120 y 180 días de la aplicación de las enmiendas orgánicas. Los cortes en general se efectuaron antes del inicio de la floración, cuando las hojas alcanzaban su máximo vigor de crecimiento.

Para determinar la altura de plantase tomaron tres plantas por cada unidad experimental, considerando el distanciamiento entre el lugar donde la rama se inserta al tallo hasta el meristemo apical. Las mediciones se realizaron con una cinta métrica, momento previo a la cosecha y los resultados fueron expresados en cm.

Para la determinación del diámetro del tallo se consideraron las mismas tres plantas seleccionadas, se utilizó un escalímetro de vernier con el que se tomaron las medida del diámetro del tallo en la base de los mismos. Las mediciones se realizaron momento previo a la cosecha y los resultados fueron expresados en cm.

Para determinar la materia fresca se obtuvo tres plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, se cortaron todas las ramas laterales y hojas dejando solo el tallo principal sin ninguna hoja, estas se acopiaron en carpas de plástico, que luego fueron trasladadas al lugar del deshoje, donde fueron pesadas solo los folíolos con una balanza digital de un decimal y anotadas en una planilla y los resultados expresados en  $\text{kg ha}^{-1}$ . Posteriormente se secaron en estufa para determinar la materia seca donde estas fueron secadas y luego pesadas en una balanza digital con precisión de un decimal y los resultados expresados en  $\text{kg ha}^{-1}$ . El índice de humedad se obtuvo dividiendo el peso de la materia fresca por el peso de la materia seca.

Para la realización del análisis estadístico, primeramente se procedió a sistematizar todos los datos, donde los parámetros de crecimiento y de rendimiento, utilizando planillas electrónicas del programa Excel. Posteriormente con la ayuda del software estadístico Agrostat@ se realizó el análisis de los mismos. Se realizó análisis de varianza (ANAVA) para observar la existencia o no de diferencias significativas en los parámetros estudiados por efecto de las diferentes fuentes de enmienda orgánica. El análisis de varianza se realizó según un diseño con estructura anidada, en el cual las dosis están anidadas en las fuentes de enmiendas orgánicas y en un diseño de bloques completos al azar, cuando detectada diferencias significativas entre dosis dentro de cada fuente, se aplicó el test de Tukey al 5% para la comparación de medias.

## RESULTADOS

Considerando el promedio de las 11 cosechas realizadas en los tres años de evaluación, se observa que la altura de planta de la moringa fue 20% superior donde fueron aplicadas las enmiendas orgánicas (108 cm) en comparación al testigo (90 cm). En relación a las fuentes de enmienda orgánica se observa que, al aplicar tanto estiércol bovino o gallinaza, la altura de planta en el momento de realizar la cosecha era superior que donde se aplicó humus de lombriz y en

relación a la dosis de enmiendas orgánicas aplicadas, no se observa diferencias significativas entre las mismas, así como no hubo interacción significativa entre los factores de fuente de enmienda y niveles de enmienda (Tabla 2).

Por su parte el promedio de diámetro de ramas, se observa que al aplicar enmienda orgánica, el diámetro promedio de ramas es superior (6,0 cm) al testigo absoluto (5,4 cm), con aumento del 11,1%. La aplicación de gallinaza (6,3 cm) estimuló el mayor diámetro de tallo, estadísticamente igual al estiércol bovino (6,1 cm) y estadísticamente diferente al humus de lombriz (5,7 cm). Por su parte no hubo interacción entre la fuente de enmienda orgánica y los niveles de enmiendas aplicada (Tabla 2).

**Tabla 2.** Promedio de altura de planta y diámetro del tallo por efecto de la aplicación de fuentes y niveles de enmiendas orgánicas. Departamento Cordillera, ciudad Piriibeby, colonia Piraretá. Periodo 2015-2018.

Fuente (t ha <sup>-1</sup> )	Altura de planta (cm)			Promedio
	Baja	Media	alta	
Est. bovino	112	112	107	111 a
Gallinaza	104	107	120	110 a
Humus	96	105	106	103 b
<b>Media</b>	111 A	108 A	104 A	<b>108 A</b>
<b>Testigo</b>				<b>90B</b>
Fuente (t ha <sup>-1</sup> )	Diámetro del tallo (cm)			Promedio
	Baja	Media	alta	
Est. bovino	6,0	6,1	6,3	6,1 ab
Gallinaza	5,9	6,0	7,1	6,3 a
Humus	5,7	5,7	5,7	5,7 b
<b>Media</b>	5,8 A	5,9 A	6,4 A	<b>6,0 A</b>
<b>Testigo</b>				<b>5,4B</b>

*Medias seguidas por las mismas letras mayúsculas en la línea y letras minúsculas en las columnas, así como las medias en negrilla y cursivas iguales no presentan diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error.*

Los resultados en cuanto a una mayor altura de planta y diámetro de ramas en el tratamiento con aplicación de gallinaza era de esperarse, ya que la gallinaza posee mayor concentración de nutrientes, principalmente de nitrógeno (N), en relación a las demás fuentes utilizadas, más aún que el suelo donde se realizó el experimento es de textura franco arcillosa, con niveles bajos de materia orgánica, por lo que en sistemas orgánicos la fertilización con N depende del aporte orgánico. Por esa razón se puede establecer que una de las posibles causas del porque el humus de lombriz presentó menor efecto sobre las plantas que las demás enmiendas orgánicas, fue por las menores dosis aplicadas, que resultaron insuficientes para el cultivo.

En un trabajo similar, pero con fertilización química, Hernández-Chontal et al., (2020) observaron que la fertilización con NPK permite el mayor crecimiento de plantas e inclusive mayor absorción de algunos elementos cuando comparado con plantas sin fertilización. En ese contexto Dania et al., (2014) resaltan que la aplicación de fertilizante ya sea químico NPK u orgánico (gallinaza) puros o mezclados, desde que bien balanceados tiende a proporcionar aumento en altura de planta y diámetro de rama de la moringa.

La producción total de materia fresca de hojas de moringa en los tres años fue 45,8% mayor en los tratamientos donde se aplicaron enmiendas (6957 kg ha<sup>-1</sup>) que en el testigo (4770 kg ha<sup>-1</sup>). Hubo interacción entre los factores fuente de estiércol bovino y niveles de enmiendas aplicadas (Tabla 1).

Cuando se evaluaron las enmiendas orgánicas en los niveles aplicados, se observa que hubo aumento de materia fresca solamente a la mayor dosis de enmienda, y solo en el caso de la gallinaza ocurre aumento de la producción, es decir, que al aplicar dosis "alta" de gallinaza esta produce más materia fresca que las otras enmiendas cuando también son aplicadas dosis "alta", sin embargo no se observa ese efecto cuando son aplicados dosis "media" y "baja", lo mismo ocurre entre las dosis aplicadas dentro de una misma enmienda, en el caso del estiércol bovino y del humus de lombriz no se observan aumento de producción por la aplicación de mayores dosis de enmiendas, sin embargo, en el caso de la gallinaza, la aplicación de dosis "alta" permite el aumento del rendimiento de materia fresca de moringa.

**Tabla 3.** Rendimiento de materia fresca de hojas, materia seca de hojas e índice de rendimiento, por efecto de la aplicación de fuentes y niveles de enmiendas orgánicas. Departamento Cordillera, ciudad Piribebuy, colonia Piraretá. Periodo 2015-2018.

Fuente (t ha <sup>-1</sup> )	Producción total de materia fresca de hojas (kg ha <sup>-1</sup> )			Promedio
	Baja	Media	alta	
Est. bovino	6546 aA	6602 aA	6228 bA	6459
Gallinaza	7002 aB	7420 aB	11556 aA	8659
Humus	5695 aA	5422 aA	6145 bA	5754
<b>Media</b>	6414	6481	7976	<b>6957 A</b>
<b>Testigo</b>				<b>4770 B</b>
Fuente (t ha <sup>-1</sup> )	Producción total de materia seca de hojas (kg ha <sup>-1</sup> )			Promedio
	Baja	Media	alta	
Est. bovino	2710 aA	3075 aA	2752 bA	2846
Gallinaza	2748 aB	2716 aB	4327 aA	3264
Humus	2569 aA	2385 aA	2751 bA	2568
<b>Media</b>	2676	2725	3277	<b>2893A</b>
<b>Testigo</b>				<b>2353B</b>

Fuente (t ha <sup>-1</sup> )	Índice de Rendimiento de materia fresca y materia seca de hojas			Promedio
	Baja	Media	alta	
Est. bovino	7,23	6,43	6,80	6,82 b
Gallinaza	7,53	8,13	7,97	7,88 a
Humus	6,60	6,83	6,70	6,71 b
<b>Media</b>	7,12 A	7,13 A	7,16 A	<b>7,13A</b>
<b>Testigo</b>				<b>6,06B</b>

Medias seguidas por las mismas letras mayúsculas en la línea y letras minúsculas en las columnas, así como las medias en negrilla y cursivas iguales no presentan diferencias significativas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad del error.

En cuanto a la producción total de materia seca de hojas, hubo interacción entre los dos factores y de manera similar a la materia fresca solamente cuando fue aplicada dosis "alta" de gallinaza hubo aumento de producción comparada con las demás dosis de gallinaza y a las demás enmiendas. La producción de materia seca promedio donde se aplicaron enmienda (2893 kg ha<sup>-1</sup>) fue superior en 540 kg ha<sup>-1</sup>, a las unidades donde no se aplicaron enmiendas (2353 kg ha<sup>-1</sup>).

En lo que se refiere a la relación materia fresca/materia seca de hojas, se observa diferencia significativa por efecto del tipo de enmienda, no así en la dosis de la enmienda. Se observa mayor contenido de agua cuando se fertiliza con gallinaza que con otras enmiendas, posiblemente eso se debe al mayor contenido de N de la gallinaza que termina reflejándose en plantas más suculentas y consecuentemente con mayor contenido de agua en las mismas. En general se observa, que cuando se aplicó enmienda el promedio de la relación materia fresca/materia seca fue mayor que cuando se aplicó enmienda (7,13) que en el testigo (6,06). La fuente de enmienda orgánica no solo puede alterar el contenido de agua de la planta sino la concentración de asimilados de la moringa (Dania et al., 2014).

## CONCLUSIONES

La aplicación de enmienda orgánica permite el aumento de la altura de planta, diámetro de ramas y producción de hojas de moringa. La enmienda orgánica a base de gallinaza proporciona mayor altura de planta y diámetro de ramas que el humus de lombriz.

La aplicación de dosis alta de gallinaza aumenta la producción de materia fresca y seca de moringa comparado con los demás fuentes y dosis de enmiendas.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Jimmy Walter Rasce Alvarez.** Planificación del experimento. Análisis e interpretación de datos, redacción del manuscrito

**Diego Augusto Fatecha Fois.** Planificación y conducción del experimento, revisión del manuscrito.

**Luis Marcelo Morán Fariña.** Implantación del experimento, conducción y levantamiento de los datos en el **primer** año del experimento

**Diego Rafael Rojas Sosa.** Implantación del experimento, conducción y levantamiento de los datos en el **segundo** año del experimento

**Danya Esther Armoa Báez**, Implantación del experimento, conducción y levantamiento de los datos en el **tercer** año del experimento

**Sergio Luis Santacruz Escobar**. Coordinador y responsable general de la conducción y levantamiento de datos del experimento durante los tres años.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anwar, F., Latif, S., Ashraf, M., Gilani, A.H. (2007) *Moringa oleifera*: a foodplant with multiple medicinal uses. *Phytother Res.* 21, 17-25.
- Bertoni, M.S. (2009). *Agenda y mentor agrícola: guía del agricultor colono*. In "EXSYLVIS," 4th ed., Imprensa y Edición, Puerto Bertoni. 467 p.
- Daba, M., 2016. Miracle tree: a review on multi-purposes of *Moringaoleifera* and its implication for climate change mitigation. *J. Earth Sci. Clim. Change* 7. 10.4172/2157-7617.1000366
- Dania, S.O., Akpansubi, P., Eghagara, O.O. (2014) Comparative effects of different fertilizer sources on the growth and nutrient content of moringa (*Moringaoleifera*) seedling in a greenhouse trial, *Pharma. Clin. Res.* 5, 67–72.
- Haouvang L.C., Ngakou A., Yemefack M., Mbailao, M. (2017). Growth response of *Moringaoleifera* Lam. as affected by various amounts of compost under greenhouse conditions, *Annals of Agricultural Sciences*, 62, 221-226.
- Haouvang, L.C., Ngakou, A., Yemefack, M., Mbailao, M. (2019). Effect of organic fertilizers rate on plant survival and mineral properties of *Moringa oleifera* under greenhouse conditions. *Int J Recycl Org Waste Agricult.* 8, 123-130.
- Hernández-Chontal, M., Linares-Gabriel, A., Guerrero-Peña, A., De Dios-León, G., Rodríguez-Orozco, N. (2020). Efectividad de la edad de corte y fertilización en el contenido nutrimental de *Moringa oleifera* Lam. *Agroecosistemas tropicales y subtropicales*, 23(1), 14 p. Obtenido de <https://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2972>
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., Kumar, D.S. (2016). *Moringaoleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5, 49–56.
- Mashela, P.W. 2017. Growth of moringa (*Moringaoleifera*) seedlings in calcareous, clayey and sandy soils relative to loamy soil. *Afr. J. Agricult. Res.* 12, 3508–3512.
- Moyo, B., Masika, P., Hugo A., Muchenje, V. (2011). Nutritional characterization of Moringa (*Moringaoleifera* Lam.) leaves, *African J. Biotechnol.* 10, 12925–12933.
- Tshabalala, T., Ndhala, A.R., Ncube, B., Abdelgadir, H.A., Van Staden, J., (2019). Potential substitution of the root with the leaf in the use of *Moringaoleifera* for antimicrobial, antidiabetic and antioxidant properties. *S. Afr. J. Bot.* 10.1016/j.sajb.2019.01.029