

## Growth and mineral composition of the melon with different doses of phosphorus and organic matter

Jonath Werissimo da Silva Gomes<sup>a</sup>, Nildo da Silva Dias<sup>b</sup>, Maria Alejandra Moreno-Pizani<sup>c</sup>, Kariolania Fortunato de Paiva<sup>d</sup>, Josinaldo Lopes Araujo Rocha<sup>d</sup>, Erbia Bressia Gonçalves Araújo<sup>d</sup> & Cleyton dos Santos Fernandes<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, Brasil. [jonathwerissimo@gmail.com](mailto:jonathwerissimo@gmail.com)

<sup>b</sup> Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil. [nildo@ufersa.edu.br](mailto:nildo@ufersa.edu.br); [cleyton1959@hotmail.com](mailto:cleyton1959@hotmail.com)

<sup>c</sup> Instituto de Pesquisas e Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (IPECEGE), Piracicaba, São Paulo, Brasil. [morenom76@gmail.com](mailto:morenom76@gmail.com)

<sup>d</sup> Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil. [kariolaniafortunato@gmail.com](mailto:kariolaniafortunato@gmail.com); [jhosinal\\_araujo@yahoo.com.br](mailto:jhosinal_araujo@yahoo.com.br); [erbiabressiaga@gmail.com](mailto:erbiabressiaga@gmail.com)

Received: January 17<sup>th</sup>, 2018. Received in revised form: June 29<sup>th</sup>, 2019. Accepted: August 20<sup>th</sup>, 2019.

### Abstract

It was aimed to evaluate the effect of doses of phosphorus and different doses of bovine manure on growth of melon Galia. The experiment was carried out in greenhouse utilizing pots filled with soil Chromic Luvisol in design completely randomized with a 5 x 2 factorial arrangement, comprising five doses of bovine manure (0, 12, 16, 20, 24 t ha<sup>-1</sup>) and two doses of phosphorus (0 and 400 mg dm<sup>-3</sup>), with three replicates, totaling 30 experimental units. The results indicated that interaction of phosphorus with organic matter was significant effect on total dry mass of the melon plant. There was a reduction of the total dry mass when the plants were fertilized at the highest doses of bovine manure. The P content from leaf and stem increased gradually at higher doses of phosphorus. The phosphorus content in the soil increased according to the doses of organic material available.

**Keywords:** *Cucumis melo* L.; phosphate fertilization; organic fertilization.

## Crecimiento y composición mineral del melón con diferentes dosis de fósforo y materia orgánica

### Resumen

En este estudio fueron evaluados los efectos de las dosis de fósforo y de estiércol bovino sobre el crecimiento de melón (*Cucumis melo* L.) cv Galia, cultivado en casa de vegetación utilizando macetas con suelo Luvisol crómico. El experimento fue realizado con un delineamiento completamente casualizado con esquema factorial 5x2, constituido por cinco dosis de estiércol bovino (0, 12, 16, 20, 24 t ha<sup>-1</sup>) y dos dosis de fósforo (0 y 400 mg dm<sup>-3</sup>) con tres repeticiones, totalizando 30 unidades experimentales. Los resultados indican que hubo efecto significativo de la interacción del fósforo con la materia orgánica sobre la masa seca total del melón. Cuando las plantas fueron sometidas a mayores dosis de estiércol hubo una reducción de la masa seca total. Los contenidos de P en la hoja y en el tallo aumentaron gradualmente con las dosis más altas la mayor dosis de fósforo. Los niveles de fósforo en el suelo aumentaron de acuerdo con las dosis de materia orgánica disponible.

**Palabras clave:** *Cucumis melo* L.; fertilización fosfatada; fertilización orgánica.

### 1. Introducción

El melón (*Cucumis melo* L.) es un cultivo que pertenece a la familia curcubitaceae y, es una de las culturas oleícolas

de mayor potencial económico y social para el Nordeste de Brasil. En 2015 la producción de melón en Brasil fue de 565.900 toneladas, en un área plantada de 22.789 ha [1]. En lo que se refiere a la comercialización, la ventaja brasileña

**How to cite:** da Silva-Gomes, J.W, da Silva-Dias, N, Moreno-Pizani, M.A, Fortunato de Paiva, K, Araujo-Rocha, J.L, Gonçalves-Araújo, E.B, and dos Santos-Fernandes, C, Growth and mineral composition of the melon with different doses of phosphorus and organic matter. DYNA, 86(211), pp. 363-368, October - December, 2019.

del cultivo del melón es que el auge de su cosecha, de septiembre a enero, coincide con la entre cosecha mundial [2].

Los cultivos intensivos de melón requieren mayor eficiencia en la aplicación de fertilizantes, principalmente los fosfatados, considerando que el fósforo es el nutriente aplicado en mayor proporción, de acuerdo con las recomendaciones de fertilización en Brasil.

A pesar de que según Abreu et al. [3], el fósforo es el macronutriente menos exigido por el cultivo del melón, al compararlo con otros como el potasio y el nitrógeno. En los suelos tropicales, el fósforo se encuentra en baja disponibilidad, además de presentar baja eficiencia de absorción y uso de este nutriente por las plantas [3-5]. Así de acuerdo con las recomendaciones de fertilización en Brasil, para los cultivos intensivos de melón el fósforo es el nutriente aplicado en mayor proporción, por lo tanto, este requiere de mayor eficiencia en la aplicación.

Siendo de gran importancia el suministro de fósforo en el suelo, sea por la vía mineral u orgánica [6]. Las características mineralógicas, físicas y químicas y microbiológicas del suelo, influyen directamente las transformaciones del P en el suelo. La utilización de residuos orgánicos como el estiércol bovino ha sido poco estudiada en lo que se refiere a sus características y cantidades a aplicar cuando se asocian a nutrientes minerales o cuando se aplican como fertilizante principal [7].

Los fertilizantes orgánicos mejoran significativamente las propiedades del suelo presentando una serie de ventajas, entre ellas mejorar significativamente las propiedades químicas, físicas y biológicas, además de proporcionar un aumento de la productividad del cultivo a largo plazo. En la mayoría de los casos, el estiércol bovino no es un buen proveedor de nutrientes a corto plazo debido a sus bajas concentraciones (0,60% de N, 15% de  $P_2O_5$  y 0,45% de  $K_2O$ ), [8].

El P orgánico representa entre el 20 y el 80% del P total del suelo y es originado por la descomposición de residuos vegetales y animales, por los microorganismos y de sus residuos en descomposición [9]. Por lo tanto, la aplicación de estiércol bovino altera la dinámica del fósforo orgánico en el suelo, pues luego de la aplicación de la materia orgánica, el P en el suelo sufre transformaciones, y en la misma medida se redistribuye en las diversas formas presentes en el suelo, de modo general, se obtiene un aumento de la disponibilidad de P en la solución del suelo. Galvão y Salcedo [10], estudiando suelos arenosos con aplicación de estiércol bovino, observaron variaciones significativas en las proporciones de fósforo entre los estratos del suelo estudiados, constatando que hubo movimiento descendente del P.

Según Costa et al. [11], la necesidad del cultivo del melón generalmente es satisfecha por la cantidad de fósforo aplicada en la plantación, principalmente al inicio de su desarrollo vegetativo. La eficiencia del fósforo generalmente se atribuye al aumento del tamaño y el número de frutos por planta, además de influenciar el contenido de sólidos solubles en los frutos [12].

De este modo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización con fósforo y diferentes dosis de estiércol bovino sobre el crecimiento de melón.

## 2. Materiales y métodos

El experimento fue realizado durante el período de marzo a junio de 2017, en casa de cultivo protegido de la Universidad Federal de Campina Grande, en el Centro de Ciencias y Tecnología Agroalimentaria (CCTA), Campus de Pombal-PB (06 ° 46 'S, 37 ° 48 'O y altitud de 148 m).

El delineamiento experimental fue completamente casualizado en un arreglo factorial 5x2, comprendiendo cinco dosis de estiércol bovino (0, 12, 16, 20, 24 t ha<sup>-1</sup>) y dos dosis de fósforo (0 y 400 mg dm<sup>-3</sup>) con tres repeticiones, totalizando 30 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió de una maceta de 4,0 dm<sup>3</sup> de suelo con una planta. Las muestras de suelo utilizadas en el estudio fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Nutrición Mineral del UFCG / CCTA para su caracterización química conforme Embrapa [13]. Los resultados obtenidos fueron: pH (CaCl<sub>2</sub>) 6,5; H + Al: 0,59 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; P: 5 mg kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup>: 0,41 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; En el +: 0,09 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>: 2,10 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>: 3,8 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; SB: 6,40 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; V% 81,56. El análisis del estiércol bovino resultó en Carbono: 27%; P-total: 94 mg dm<sup>-3</sup> y N-total: 4,1%.

Después de tamizado (4 mm), el suelo fue transferido a las macetas y posteriormente fueron aplicados los tratamientos, junto con la fertilización con macro y micronutrientes. Las dosis de fósforo se aplicaron en forma de fosfato monoamónico (MAP) (48% de  $P_2O_5$ ). El nitrógeno y el potasio fueron parcelados en tres aplicaciones, con el fin de evitar posibles pérdidas por volatilización (nitrógeno) y, o lixiviación (nitrógeno y potasio) considerando las épocas de mayor exigencia del cultivo. La fertilización con macronutrientes (excepto fósforo) y micronutrientes fue realizada conforme a la recomendación de Malavolta [14] con las siguientes dosis en mg dm<sup>-3</sup>: N = 450; K = 300; Ca = 200; Mg = 50; S = 50; B = 0,5; Cu = 1,5; Fe = 5; Mn = 4; Mo = 0,15 y Zn = 5,0, utilizando fuentes de alta solubilidad en agua.

Durante el experimento el suelo fue mantenido con humedad correspondiente al 100% de la capacidad de campo, siendo la humedad monitoreada por lisimetría mediante pesaje diaria, utilizando agua destilada para reponer el agua perdida.

El melón utilizado en el experimento fue el del tipo Galia (cultivar "Babilinia RZ F1-Hybrid"), melón aromático reticulado de origen israelí. Las mudas de melón fueron producidas en bandejas de poliestireno expandido (Isopor<sup>®</sup>) de 128 células, insertando una semilla por célula, utilizando un sustrato comercial a base de fibra de coco. Cuando las plantas alcanzaban las cuatro hojas definitivas, el trasplante se realizó colocando una planta por maceta.

En la fase de florecimiento del cultivo, las plantas de melón fueron colectadas para determinar la producción de materia seca de hoja (MSH), del tallo (MSTA), materia seca

Tabla 1.

Resumen del análisis de varianza para masa seca das hojas (MSH), del tallo (MSTA), de las raíces (MSR) y total (MST), potencial de hidrogeno (pH), fósforo en la hoja (P HOJA), en el tallo (P TALLO) y en el suelo (P DISPONIBLE).

FV	GL	MSH	MSTA	MSR	MST	pH	P HOJA	P TALLO	P DISPONIBLE
P	1	27,92**	8,57**	0,035 <sup>ns</sup>	70,50**	2,64**	164,46**	62,11**	18,50 <sup>ns</sup>
MO	4	15,12**	6,43**	0,170**	45,19**	0,42*	3,58*	7,56**	230,34**
P x MO	4	11,62**	5,65**	0,0547**	35,23**	0,16 <sup>ns</sup>	2,94 <sup>ns</sup>	3,92**	40,78**
MG	2	6,99	3,95	0,4987	11,44	6,09	5,37	6,91	16,77
CV	18	7,20	10,98	18,29	7,72	6,16	19,12	13,03	13,43

FV = Fuente de variación; GL = Grado de libertad; MG = Media General; Cv = Coeficiente de variación; P = dosis de fósforo; MO = dosis de estiércol bovino. (\*) significativo a 0,05 (\*\*), significativo a 0,01 de probabilidad y (<sup>ns</sup>) no significativo, por el teste F.

Fuente: Los Autores.

de raíces (MSR) y materia seca total (MST), (60 - 65 °C). Posteriormente se determinaron en la materia seca de la parte aérea, los niveles de P, utilizando una solución de agua destilada.

El suelo de los vasos fue recolectado, etiquetado y enviado al Laboratorio de nutrición mineral de plantas, para la evaluación de pH en agua, determinación de los niveles P disponible realizado por el método de Mehlich<sup>-1</sup> [15].

Los análisis estadísticos para el análisis del efecto de las dosis de fósforo fueron realizados a través de un análisis de varianza y una prueba de regresión polinomial, para las dosis de materia orgánica al nivel de 5% de significancia. Estos análisis fueron realizados con el *software* SISVAR<sup>®</sup> [16].

### 3. Resultados y discusión

En el presente trabajo se analizaron los resultados obtenidos en los análisis de fósforo en el suelo (P DISPONIBLE), en la hoja (P HOJA), y en el tallo (P TALLO).

Las dosis de fósforo (P) afectaron significativamente a todas las variables de crecimiento del melón, composición mineral de P en el suelo y en la planta, excepto la concentración de sales del extracto saturado del suelo (CE) y concentración de fósforo del suelo (P DISPONIBLE).

El contenido de materia orgánica (MO) afectó significativamente a todas las variables analizadas. No hubo interacción significativa entre los factores P x MO para las variables pH y fósforo de la hoja (P HOJA), (Tabla 1).

Para la variable masa seca de la hoja (MSH), se denota un comportamiento lineal creciente cuando las plantas fueron sometidas a una fertilización orgánica con adición de fósforo, obteniendo un aumento en su masa seca del 11,40% por cada aumento unitario de las dosis de estiércol bovino (Fig. 1A). En las plantas que no recibieron la fertilización fosfatada, se observó un comportamiento cuadrático en función del incremento de estiércol bovino, alcanzando mayor masa seca (8,55 g) cuando se sometieron a una dosis de 13 t ha<sup>-1</sup> de MO. Un resultado similar se observó para la variable masa seca del tallo (MSTA) (Fig. 1B) y la masa seca total (MST) (Fig. 1D), pues las plantas que recibieron fertilización fosfatada al ser sometidas a crecientes niveles de fertilización orgánica (cuando se abonaron con 24 t ha<sup>-1</sup>) lograron un incremento en su MST, de 43,44 y 47,74%, respectivamente, en relación con el testigo (sin fertilización fosfatada). En el caso de las plantas que no recibieron fósforo, para la variable MST a

mayor biomasa seca fue obtenida (5,24 g) cuando abonadas con 12 t ha<sup>-1</sup> de MO, verificándose una disminución a partir de este valor. Por su parte, la MST de las plantas de melón fue mayor (13,51 g) al ser abonadas con 14 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino.

Los resultados encontrados para MSH, MST, MSR y MST posiblemente están relacionados con la cantidad de fósforo presente en el estiércol bovino, pues cuando las plantas fueron sometidas a la dosis de fósforo obtuvieron un aumento de biomasa hasta el final del ciclo vegetativo, lo cual no se observó que las plantas de melón que alcanzaron un aumento en la biomasa seca, sin embargo tuvieron una disminución en cierto punto, probablemente la cantidad de fósforo presente en la MO no fue suficiente para atender las necesidades del cultivo. Dado que un suministro adecuado de fósforo proporciona respuestas significativas tanto en el crecimiento del sistema radicular como en la parte aérea. De esta forma, un sustrato deficiente en P puede ocasionar un crecimiento reducido o menor de las raíces y de la parte aérea, siendo necesaria la fertilización con abonos fosfatados [17].

La masa seca de la raíz (MSR) fue afectada significativamente ( $p \leq 0,01$ ) por los factores dosis de estiércol bovino y fertilización fosfatada (Fig. 1 C) mostrando un comportamiento cuadrático. De acuerdo con la ecuación del gráfico las plantas de melón que recibieron fertilización fosfatada alcanzaron una masa seca radicular de 0,60 g cuando fueron abonadas con 15 t ha<sup>-1</sup> de MO. Por otro lado, las plantas que no fueron abonadas con fósforo obtuvieron mayor MSR (0,69 g) cuando fueron abonadas con 12 t ha<sup>-1</sup> de MO. En la mayoría de los casos, el fósforo es un elemento esencial para la división celular, así como para la fotosíntesis, que tiene influencia directa sobre el acumulo de materia seca de las plantas [18].

En el estudio de los factores aislados se verificó en la Fig. 2A que al aplicar fósforo en el suelo se mantuvo pH inicial, pH = 6,3, cerca de la neutralidad, estando dentro del rango ideal para la mayoría de los cultivos. Los resultados de MSH, MST y MST, que obtuvieron los mayores valores cuando se sometió a los tratamientos con fósforo. Según Ernani et al. [19], la elevación del pH aumenta las cargas negativas del suelo y disminuye la solubilidad del hierro y del aluminio y con ello, aumenta la disponibilidad de fósforo en la solución del suelo. Se observó también que hubo una disminución del pH en los tratamientos que no recibieron dosis de fósforo.

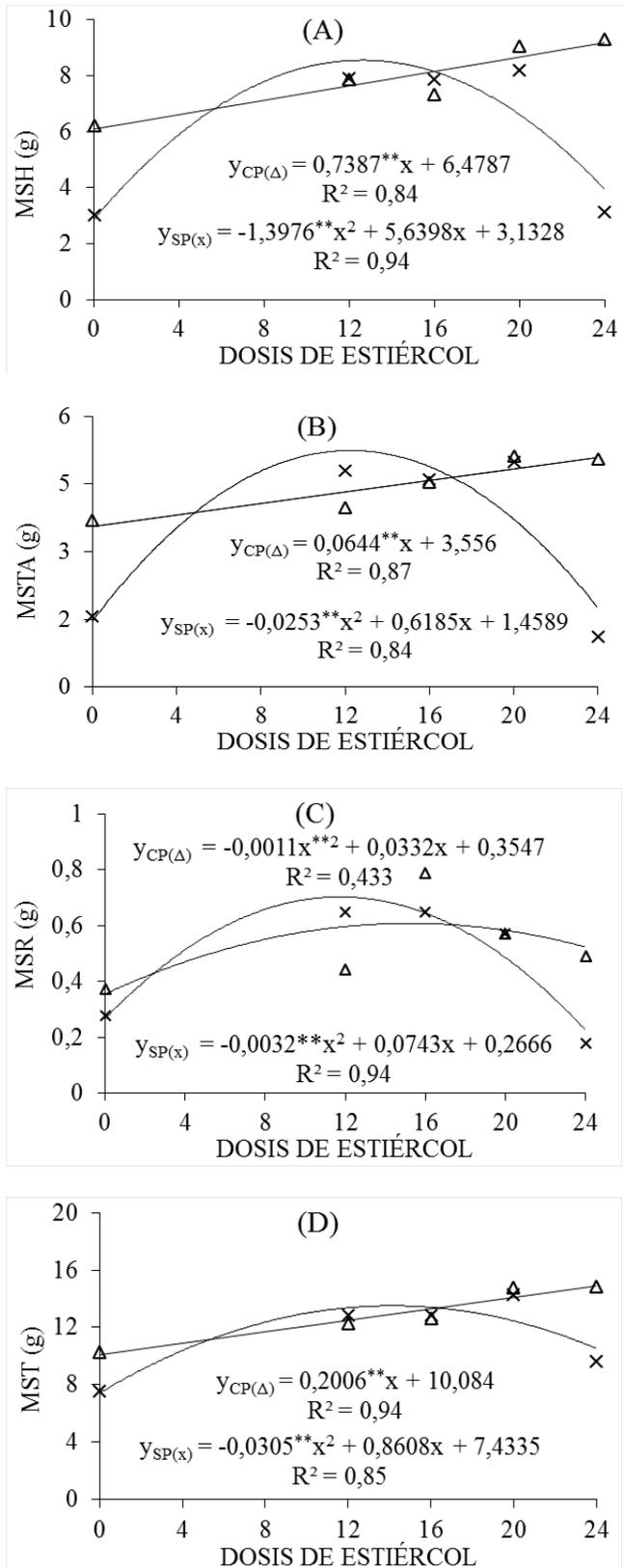


Figura 1. Características de crecimiento del melón cultivado bajo diferentes dosis de fósforo y estiércol bovino. CP = con fósforo; SP = sin fósforo; masa seca de hojas (MSH) (A); masa seca del tallo (MSTA) (B); masa seca de raíces (MSR) (C) y masa seca total (MST) (D). Fuente: Los Autores.

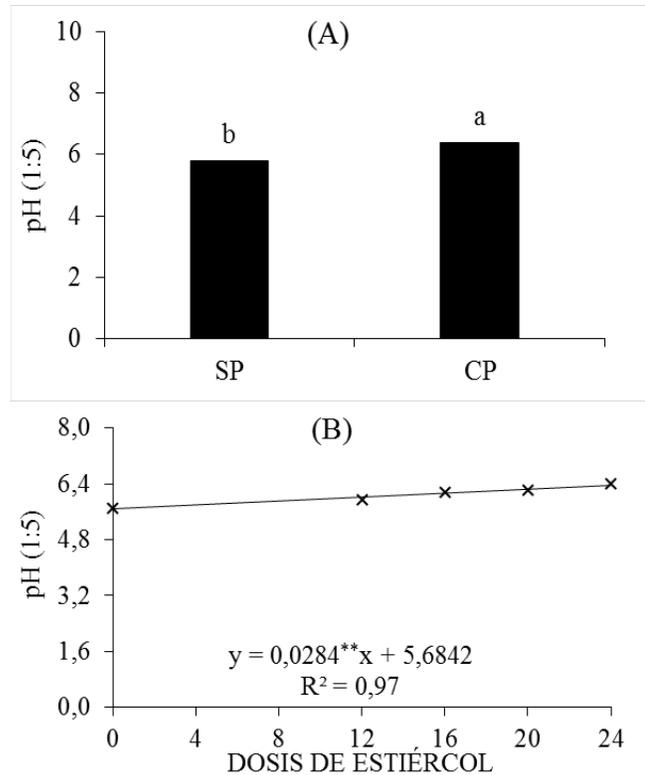


Figura 2. pH en función de las dosis de fósforo en el suelo (A) y pH en función de las dosis de estiércol (B). CP = con fósforo; SP = sin fósforo; \*\* y \*: Significativo al nivel del 1% y del 5%, respectivamente, el test de t. Fuente: Los Autores.

Por otro lado, en los contenidos de fósforo en la hoja (Fig. 3A), se observó efecto cuadrático, siendo que en las menores dosis de estiércol hubo estabilización de los contenidos de P en la materia seca de la hoja, aumentando gradualmente en la dosis más elevada. Posiblemente, hubo una minimización en el proceso de adsorción de P, por la adición de materia orgánica en el nivel más alto probado, para Cessa et al. [20], y Andrade et al. [21], el contenido de fósfordisponible aumenta en la solución del suelo cuando se aumenta la cantidad de sustancias húmicas, ya Santos et al. [22], relataron que el P disponible y la materia orgánica están correlacionados positivamente.

El aumento de la disponibilidad de fósforo proporcionó su mayor acumulación por la planta (Fig. 3B). La mayoría de las veces, la aplicación de fertilización orgánica proporciona mayor acumulación de P en la planta, debido al aumento de ácidos orgánicos, que compiten con sitios de adsorción del P, lo que disminuye el potencial de las cargas positivas, según Mielniczuc [23], y aumenta la disponibilidad de P para las plantas [24].

La acumulación de fósforo en el tallo (Fig. 3C), no respondió significativamente a las dosis de estiércol en los tratamientos con adición de P, pues el P ya estaba fácilmente disponible en la forma mineral con la adición de MAP. Sin embargo, en los tratamientos sin la adición de P, hubo un efecto lineal significativo con una acumulación de  $0,19 \text{ g kg}^{-1}$

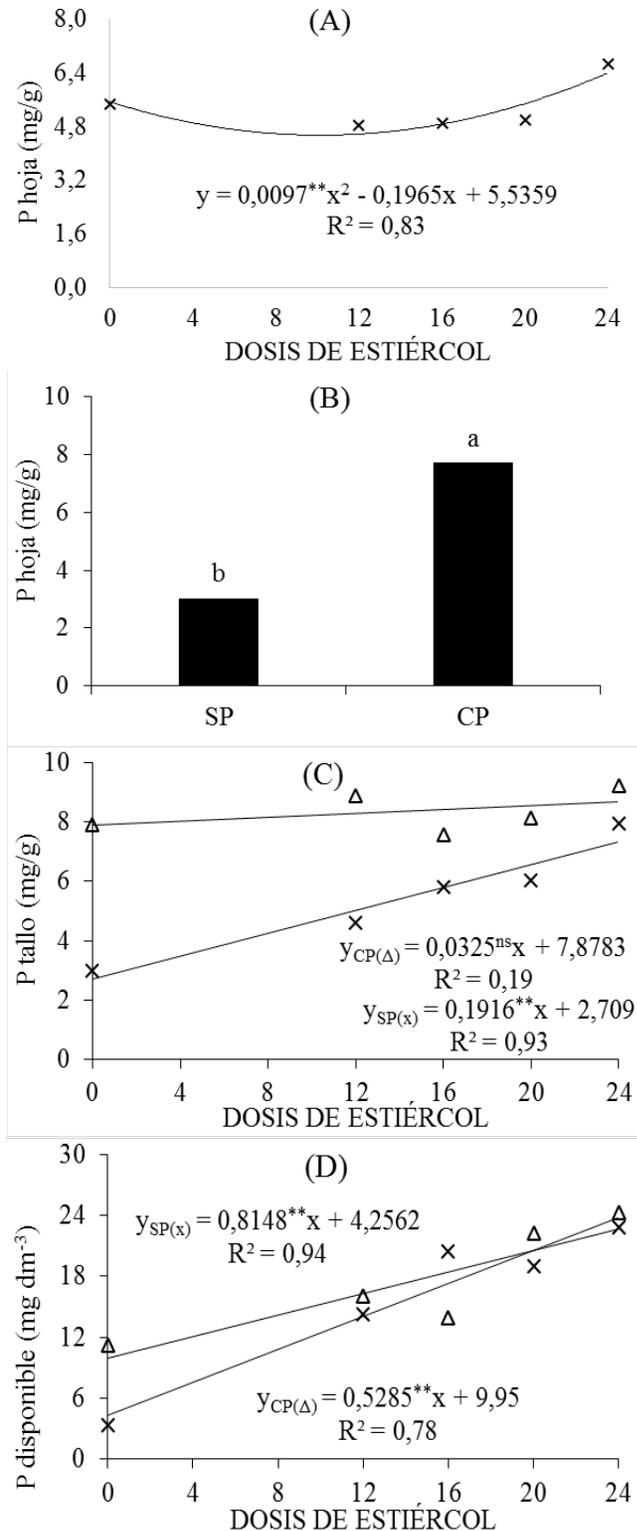


Figura 3. Concentración de P en la hoja en función de las dosis de estiércol (A) y en función de las dosis de fósforo en el suelo (B), contenidos de P en el tallo (C) y P disponible (D), en el melón, en función de las dosis de fósforo y de las dosis de estiércol bovino. Acumulación de P-total en la hoja en función de las dosis de fósforo aplicadas en el suelo.

CP = con fósforo; SP = sin fósforo. \*\* y \*: Significativo al nivel del 1% y del 5%, respectivamente, en la prueba de t.

Fuente: Los Autores.

por aumento unitario de las dosis de estiércol en el suelo, aunque la capacidad máxima de adsorción de fósforo de un suelo aumenta con el contenido de materia (por ejemplo, en el caso de los animales domésticos), la adición de residuo orgánico al suelo, en forma de estiércol animal, causa efecto contrario, en general, disminución de la adsorción y aumento de la disponibilidad de P para la planta [5].

El contenido de P en el suelo (Fig. 3D) tuvo un aumento de 0,815 y 0,53 g kg<sup>-1</sup> en los tratamientos sin P y con P, respectivamente, por un aumento unitario de las dosis de estiércol en el suelo. Las medias de los tratamientos fueron estadísticamente iguales, demostrando la capacidad de la materia orgánica para hacer disponible el fósforo en la solución del suelo, según Cessa et al. [20], productos resultantes de la descomposición de la MO, como ácidos orgánicos y humus, poseen la capacidad de formar complejos con los óxidos de hierro y aluminio, lo que evita su disponibilidad para la fijación de P. Andrade et al. [21], al investigar el efecto de la aplicación de residuos orgánicos en la adsorción de P, concluyeron que la adición de MO redujo la fijación de P en los suelos evaluados y aumentando su disponibilidad.

#### 4. Consideraciones finales

La interacción del fósforo con la materia orgánica tuvo efecto significativo sobre la masa seca total de la planta y la masa seca del melón. Se produjo una reducción de la masa seca total cuando las plantas fueron sometidas a las mayores dosis de estiércol.

Los niveles de P en la materia seca de la hoja y del tallo aumentaron gradualmente en las dosis más altas de fósforo.

Los niveles de fósforo en el suelo aumentaron de acuerdo con las dosis de materia orgánica disponible.

#### Referencias

- [1] FAO. Agricultural production, primary crops. [online]. Available at: <http://www.fao.org>
- [2] Queiroga, F.M., Doses e fontes de nitrogênio, fósforo e potássio para a produção dos melões amarelo e harper em solo com histórico de cultivo com meloeiro. Tesis, Departamento de Ciências Vegetales, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil, 2015.
- [3] Abreu, F.L.G., Cazetta, J.O. e Xavier, T.F.A., Adubação fosfatada no meloeiro-amarelo: reflexos na produção e qualidade dos frutos. Revista Brasileira de Fruticultura, 33(4), pp. 1266-1274, 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011000400027
- [4] Wang, X.; Shen, J. and Liao, H., Acquisition or utilization, which is more critical for enhancing phosphorus efficiency in modern crops. Plant Science, 179(4), pp. 302-306, 2010. DOI: 10.1016/j.plantsci.2010.06.007
- [5] Novais, R.F., Jot Smyth, T. e Nunes, F.N., Fósforo, en: Novais, R.F., Alvarez, V.V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Cartarutti, R.B. e Neves, J.C.L., Eds., Fertilidade do solo, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa, Brasil, 2007. pp. 471-548.
- [6] Cortez, J.W.M., Cecilio Filho, A.B., Grangeiro, L.C. e Oliveira, F.H.T., Efeito da adubação fosfatada sobre a produção de melão. Horticultura Brasileira, 29(2), pp. S3876- S3882, 2011.
- [7] Gomes, J.J.A., Costa, C.V.A., Teixeira, A.P.R. e Dias, V.S., Comparação química do composto orgânico de esterco bovino e leguminosa: leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana* Haward). Revista Brasileira de Agroecologia, 3(1), pp. 78-84, 2008.

- [8] Santos, A.F., Costa, C.C., Silva, F.V.G., Silva, R.M.B. e Medeiros, L.L., Qualidade de melão rendilhado sob diferentes doses nutricionais. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 6(5), pp. 134-145, 2011.
- [9] Gatiboni, L.C., Brunetto, G., Kaminski, J., Rheinheimer, D.S., Ceretta, C.A. e Basso, C.J., Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(4), pp. 1753-1761, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000400040
- [10] Galvão, S.R.S. and Salcedo, I.H., Soil phosphorus fractions in sandy soils amended with cattle manure for long periods. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(3), pp. 613-622, 2009. DOI: 10.1590/S0100-06832009000300014
- [11] Costa, E.F., França, G.E. e Alves, V.M.C., Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. *Informe Agropecuário*, 12(139) pp. 63-69, 1986.
- [12] Brito, L.T.L., Soares, J.M., Faria, C.M.B. e Costa, N.D., Fontes de fósforo aplicadas na cultura do melão via água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4(1), pp. 19-22, 2000. DOI: 10.1590/S1415-4366200000100004
- [13] EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisas de Solos, Rio de Janeiro, Brasil, 1997.
- [14] Malavolta, E., Os elementos minerais, en: Malavolta, E., Ed., Elemento de nutrição mineral de plantas. *Agronômica Ceres*, São Paulo, Brasil, 1980, pp. 104-218.
- [15] Mehlich, A., New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 9(6), pp. 477-492, 1978. DOI: 10.1080/00103627809366824
- [16] Ferreira, D.F., Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), pp. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001
- [17] Yeager, T.H. and Wright, R.D., Response of *ilex crenata* Thunb. Cv. Helleri to superphosphat-incorporated pine bark. *Hortscience*, 19(7), pp. 823-826, 1984.
- [18] Novais, R.F. e Smith, T.J., Fósforo em solos e planta em condições tropicais. Tesis, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 1999.
- [19] Ernani, P.R., Nascimento, A. e Campos, M.L., Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24(3), pp. 537-544, 2000. DOI: 10.1590/S0100-06832000000300007
- [20] Cessa, R.M.A.C., Celi, L., Vitorino, A.C.T., Novelino, J.O. e Barberis, E., Adsorção de fósforo em frações argila na presença de ácido fúlvico. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 34(5), pp. 1535-1542, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000500006
- [21] Andrade, F.V., Mendonça, E.S., Alvarez V.H. and Novais, R.F., Addition of organic and humic acids to Latosols and phosphate adsorption effects. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 27(6), pp. 1003-1011, 2003. DOI: 10.1590/S0100-06832003000600004
- [22] Santos, A., Botero, W.G., Oliveira, L.C., Bellin, I.C., Rocha, J.C. and Mendonça, A.G.R., Interaction between humic substances and metallic ions: a study of the selectivity of humic substances and their possible therapeutic application. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18(4), pp. 824-830, 2007. DOI: 10.1590/S0103-50532007000400023
- [23] Mielniczuk, J., Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 1999.
- [24] Guppy, C.N., Menezies, N.W., Blamey, F.P.C. and Moody, P.W., Do decomposing organic matter residues reduce phosphorus sorption in highly weathered soils? *Soil Science Society of America Journal*, 69(5), pp. 1405- 1411, 2005. DOI: 10.2136/sssaj2004.0266
- J. W. da Silva-Gomes**, es Ing. Agrônomo en 2010 de la Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brasil, Sp. en Ingeniería de Seguridad en 2015, de la Universidade Potiguar y MSc. en Horticultura Tropical en 2018, de la Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil. Doctorando en Riego y Drenaje en la Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP - Botucatu SP, Brasil. Tiene experiencia en el área de Agronomía, con énfasis en Fertirrigación. ORCID: 0000-0002-2669-3541
- N. da Silva-Dias**, es Ing. Agrônomo en 1998 de la Universidade Federal Rural del Semiárido – Brasil, MSc. en Ingeniería Agrícola en 2002, de la Universidade Federal de Campina Grande – Brasil y Dr. en Agronomía en 2005 de la Universidade de São Paulo - Brasil. Actualmente es profesor titular de pregrado y postgrado de la Universidad Federal Rural del Semiárido. Sus intereses de investigación incluyen el monitoreo remoto y en tiempo real de la evolución del proceso de salinización en áreas de riego utilizando sistemas de monitoreo inteligentes y calidad de agua para riego. ORCID: 0000-0002-2669-3541
- M.A. Moreno-Pizani**, es Ing. Agrícola, en 1999, de UNELLEZ, MSc. en Ingeniería Agrícola, en 2007 de la Universidad Central de Venezuela, Dra. en Ingeniería de Sistemas Agrícolas en 2017 de ESALQ-USP, Brasil. Es profesora Instructora a dedicación exclusiva de hidráulica, hidráulica aplicada; riego y drenaje en UNELLEZ, (1999 – 2005). Jefa de las Cátedras riego y drenaje, obras hidráulicas en el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía en la UCV (2009-2012). Miembro del Consejo Departamental de Ingeniería Agrícola – UCV -FAGRO (2009-2012). Profesora asociado a dedicación exclusiva de riego y drenaje; proyectos de obras de riego y drenaje (UCV, 2005 - 2018). Profesora asociado del Instituto de Investigación y Educación Continua en Economía y Administración de Empresas, São Paulo, Brasil (IPECEGE) (2018 – presente). Investigador PEII: nivel A2. Campo de investigación: manejo de los recursos hídricos, evaluación de sistemas de riego, eficiencia del uso del agua en la agricultura, hidráulica e hidrología. ORCID: 0000-0001-6589-0399
- K. Fortunato de Paiva**, es Ing. Agrônomo en 2016 de la Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) - Campus Pombal - PB. MSc. en Horticultura Tropical, em la linha de investigación de Manejo de Suelos y Agua en Sistemas de Producción Hortícolas en 2018 de la Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil. Sus intereses de investigación actuales incluyen energías renováveis para a empresa Ative Energy. ORCID: 0000-0003-1636-7598
- J.L. Araujo-Rocha**, es profesor asociado, nivel II de la Universidad Federal de Campina Grande (UFCG, Brasil). Es Ing. Florestal en 2003 de la Universidade Federal da Paraíba, UFPB - Brasil, Msc. en 2005 y Dr. en Ciencia del suelo en 2008 de la Universidade Federal de Lavras, Brasil. Es revisor científico de varias revistas del área de suelos, fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. Sus intereses de investigación incluyen el área de suelos y nutrición de plantas, con énfasis en fertilidad del suelo, fertilización y nutrición mineral de plantas, actuando principalmente en los siguientes temas: fosfito, nutrición fosfatada, nitrógeno, salinidad, correctivos nutrición mineral de hortalizas. ORCID: 0000-0003-4669-6114
- E.B. Gonçalves-Araújo**, es Ing. Agrônoma en 2015, de la Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Brasil. MSc. en Horticultura Tropical en 2017, de la Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Brasil. Sus intereses de investigación incluyen el área de manejo de suelo y agua para propagación de plantas hortícolas (hortalizas y frutales), con énfasis en fertilización orgánico y mineral, estrés salino y estrés hídrico. ORCID: 0000-0002-3095-1910
- C. dos Santos-Fernandes**, es Ing. Agrônomo en 2017, de la Universidad Federal Rural del Semiárido, Brasil y MSc. en Manejo de suelo y agua en 2019 de la Universidad Federal Rural del Semiárido, Brasil. Actualmente es doctorando en Fitotecnia en la Universidad Federal Rural del Semiárido, Brasil. Realiza actividades de investigación y extensión con énfasis en salinidad, manejo del agua y manejo de aguas residuales. ORCID: 0000-0002-9465-2637