

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades

Effect of the primary macroelements in the susceptibility to diseases: A Review

Grethel Lázara Sieiro Miranda* , Alberto Nicolás González Marrero** , Eida Luisa Rodríguez Lema*** , Mérida Rodríguez Regal**** 

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 26/12/2019
Aceptado: 03/06/2020

CONFLICTOS DE INTERESES

No se declaran conflictos de interés entre autores ni con la Institución.

CORRESPONDENCIA

Grethel Lázara Sieiro Miranda
grethel.sieiro@inica.azcuba.cu
Alberto Nicolás González Marrero
alberto.gonzalez@inica.azcuba.cu
Eida Luisa Rodríguez Lema
eida.rodriguez@inica.azcuba.cu
Mérida Rodríguez Regal
merida.rodriguez@inica.azcuba.cu



RESUMEN

La nutrición de la planta juega un importante papel en la aparición y susceptibilidad a los patógenos en los cultivos. El presente trabajo propone un análisis bibliométrico del efecto de la nutrición mineral, en particular de los macroelementos primarios sobre la incidencia y desarrollo de enfermedades. La revisión se condujo mediante el estudio de artículos científicos originales y revisiones bibliográficas, publicados en revistas cubanas y extranjeras; así como los trabajos realizados en tesis de defensa de pre y posgrado en universidades de la región y del mundo. Aun cuando existen algunas contradicciones, los macroelementos primarios pueden incidir en la tolerancia y/o resistencia a las enfermedades de las plantas provocadas por diversos patógenos. Todos los elementos tienen un efecto más observado es la disminución de los síntomas de la enfermedad, con excepción del nitrógeno, el cual en desbalance conduce a mayor incidencia y susceptibilidad. Un suministro adecuado de la fertilización que promueva el crecimiento óptimo de las plantas es un elemento a considerar en la resistencia de los cultivos a las enfermedades.

Palabras clave: plagas, nutrición mineral, resistencia, tolerancia

ABSTRACT

The nutrition of the plant has an important function in the appearance and susceptibility of the crop. The present work

intends an analysis of the state of the art regarding of the effect of the mineral nutrition, in particular the primary macroelements about the susceptibility to diseases. The revision behaved by means of the study of original scientific articles and bibliographical revisions, published in Cuban and foreigners; as well as the works carried out as thesis in universities of the region and of the world. Although there are some contradictions, the primary macroelements can affect tolerance and / or resistance to plant diseases caused by various pathogens. The most observed effect is the decrease in the symptoms of the disease except for the nitrogen, the one which in excess or deficit leads to higher incidence in the increase of susceptibility. An appropriate supply of the fertilization that promotes the good growth of the plants is an element to consider for the resistance to diseases.

Keywords: diseases, mineral nutrition, resistance, tolerance

INTRODUCCIÓN

En el crecimiento y desarrollo de las plantas, los nutrientes son fundamentales. Martín y Durán (2009) refieren que las plantas necesitan, en cantidades suficientes, 16 elementos llamados esenciales. Tres de ellos, carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) constituyen el 95 % de la biomasa de la planta y son tomados del aire y el agua. Los restantes 13 provienen del suelo y se dividen en macroelementos primarios, secundarios y microelementos, en función a las cantidades en que son absorbidos por la planta.

La nutrición de la planta juega un importante papel en la aparición de los patógenos y la susceptibilidad del cultivo a los mismos (Munévar, 2004; Cristancho et al, 2012; Amirieh *et al.*, 2016; Hasanuzzaman *et al.*, 2018). En tal sentido, Naranjo (2018) asegura que una fertilización balanceada le permite a la planta mayor resistencia fisiológica ante patógenos.

En las plantas se producen cambios morfológicos inducidos por los efectos de la nutrición mineral. Según Munévar (2004), estos pueden repercutir con el aumento o disminución tanto de la resistencia como de la tolerancia de la planta a las enfermedades. Igualmente, este autor expresa que la manifestación del resultado que se produce depende del nutriente en cuestión, la modificación específica en su disponibilidad o concentración (aumento o disminución), la naturaleza del patógeno y el genotipo vegetal.

Debido a la dispersión de los resultados y la inexistencia de estudios específicos que

expliquen los mecanismos de acción de los nutrientes, en relación al comportamiento de la severidad de las enfermedades en los cultivos, este trabajo se propone un análisis bibliométrico del efecto de la nutrición mineral, en particular de los macroelementos primarios sobre la susceptibilidad a enfermedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y Estrategia de búsqueda

Las búsquedas analizadas estuvieron vinculadas al papel de la nutrición en la resistencia y/o tolerancia a enfermedades de las plantas, haciendo énfasis en los macroelementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) sin discriminar cultivo. La localización de los artículos se realizó a través del metabuscador Google Académico y la plataforma ResearchGate, en el período 1965 - 2018.

La revisión se condujo a partir del estudio de 27 publicaciones, de ellos nueve artículos científicos originales y siete revisiones bibliográficas publicadas en una revista cubana y 14 extranjeras; así como siete trabajos de defensa de tesis de pre y posgrado en universidades de la región y del mundo. Se incluyen referencias a dos libros cubanos e igual número de volúmenes extranjeros que resultan básicos en la temática abordada.

Criterios de inclusión-exclusión

El criterio de inclusión-exclusión fue que los trabajos enfatizaran los macroelementos primarios y su acción en los mecanismos de

incidencia, severidad, resistencia y/o tolerancia a las enfermedades.

DESARROLLO

Las funciones de los nutrientes en la fisiología de la planta son conocidas; sin embargo, los fundamentos en base a la interacción nutriente - hospedante - patógeno han sido poco estudiados. Aunque son numerosas las investigaciones que así lo demuestran, existen contradicciones ya que no se le presta la merecida importancia al manejo de los nutrientes en la fitosanidad de las plantas.

La tabla 1 presenta informes publicados del efecto positivo, negativo o variable de los nutrientes esenciales en la ocurrencia de enfermedades de diferentes cultivos.

El efecto de los macroelementos primarios sobre la incidencia de la enfermedad está representada indistintamente en cualquiera de las categorías. Como se observa para el nitrógeno los estudios señalan que incrementos en el nutriente producen mayor severidad en la presencia de enfermedad, contrario al fósforo y el potasio (Cristancho *et al.*, 2012). Sin embargo, el propio autor expresa que, en dependencia del ambiente, puede dar una respuesta completamente opuesta.

La resistencia y tolerancia de las plantas a las enfermedades es genéticamente controlada, pero adicionalmente en ocasiones son condicionadas a la acción del medio o ambiente circundante, en tal caso un adecuado manejo de la nutrición mineral, puede ser usado a favor

de reducir la severidad. Munévar (2004) presenta resultados de estudios sobre la relación entre la fertilización y la pudrición de estípites, en el cual revela una menor incidencia de la enfermedad en las palmas de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) que recibieron fertilización balanceada con macroelementos primarios en comparación con las no fertilizadas o con aquellas que recibieron sólo la aplicación de uno de los nutrientes mencionados.

La nutrición mineral puede influir de forma decisiva sobre la agresividad de los patógenos, al actuar sobre su supervivencia, la germinación de esporas o capacidad de penetración en el hospedante (López, 2008). Estos resultados tienen una aplicación práctica en los programas de manejo fitosanitario. Un factor en contra de esta práctica radica en no encontrar el punto de equilibrio económico entre el balance nutricional, el incremento del rendimiento por la acción de la fertilización y cuanto se deja de producir por los daños que ocasiona la plaga, lo que pudiera ser un enfoque investigativo en el contexto actual.

Influencia de los macroelementos en la susceptibilidad a enfermedades

Los macronutrientes se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0,1 % de la materia seca de los tallos. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son llamados macronutrientes primarios y es muy frecuente que la fertilización fundamental se base en la capacidad de extracción de la planta y la restitución del déficit de ellos en el suelo.

Tabla 1. Investigaciones publicadas donde relacionan los efectos de los nutrientes con la incidencia de enfermedades en diferentes cultivos

Elemento mineral	Incidencia de la enfermedad		
	Disminución	Aumento	Efecto Variable
	(+)	(-)	(±)
Nitrógeno (N)	190	254	28
Fósforo (P)	110	55	12
Potasio (K)	149	55	13

Leyenda: + el incremento del nutriente aumenta la enfermedad, - el incremento del nutriente disminuye la enfermedad y ± ambas respuestas fueron observadas en el estudio. Fuente: Cristancho *et al.* (2012)

Nitrógeno

El nitrógeno (N) es el nutriente esencial, el más importante para el crecimiento de la planta. La abundancia de este elemento generalmente induce al crecimiento suculento de la misma, por otra parte, el exceso o déficit del mismo contribuye con un período vegetativo extendido, madurez tardía y el aumento de la susceptibilidad a patógenos (Ghorbani *et al.*, 2008).

Es el principal responsable del rendimiento agrícola de los cultivos, por lo cual es el más usado como fertilizante en el mundo; además, se le atribuye la mayor responsabilidad en la incidencia de las enfermedades (Martín y Durán, 2009). Según Odgen *et al.* (2018), un exceso de este elemento disminuye la concentración de lignina en las plantas, sustancia que interviene en los mecanismos de defensa ante el ataque de enfermedades. Por otra parte, altas dosis del nutriente propicia el desarrollo vegetativo de las plantaciones y crea un ambiente favorable para el desarrollo de algunas enfermedades.

El efecto del nitrógeno sobre la relación planta - patógenos está en dependencia de la naturaleza del patógeno que causa la enfermedad. Naranjo (2018) estableció que los parásitos biotróficos son favorecidos por las altas concentraciones de nitrógeno en la planta. Mientras que Munévar (2004) asegura que el suministro de altos niveles de este elemento exagera su severidad, contrario a los hongos facultativos y la mayoría de las enfermedades causadas por bacterias. Por tanto, los efectos del nitrógeno sobre la severidad de las

enfermedades no pueden ser generalizadas.

Velasco (1999) refiere que más que la cantidad, es la forma disponible la que determina la severidad de las enfermedades virales en las plantas. Varios ejemplos del efecto de dos formas inorgánicas de este elemento sobre la relación plantas-patógenos se presentan en la Tabla 2.

Para un mismo virus (Virus Mosaico del Tomate) y el mismo hospedante (*Nicotiana glutinosa* L.), las fuentes de N indujeron comportamiento diferente. NO_3^- causó un incremento de la enfermedad, mientras que la amoniacal (NH_4^+), un decremento.

Disminución de la incidencia de la enfermedad

Cristancho *et al.* (2012) señalan que, con la aplicación del nitrato de calcio en vivero de palma de aceite, se redujo la severidad de *Ganoderma boninensis* Pat., sin embargo, no inhibió el crecimiento micelial de los patógenos.

Los efectos de la nutrición de la planta en la reducción de la incidencia de enfermedades causadas por patógenos del suelo han sido ampliamente informados. Ben-Yephet *et al.* (2006) precisan que la presencia de enfermedades corticales y de la raíz fue reducida por los nitratos (NO_3^-) y reforzada por el amonio (NH_4^+); sin embargo, las respuestas en términos de la mitigación del total de las enfermedades evaluadas fueron inconsistentes. Además, en esta investigación se demostró el efecto de NO_3^- en la disminución de la marchitez por *Fusarium* sp. en tomate, en

Tabla 2. Efecto de las formas inorgánicas del nitrógeno en el desarrollo de enfermedades virales en las plantas

Patógeno	Huésped	NO_3^-	NH_4^+
Virus Y de la Papa	<i>Nicotiana tabacum</i> L.		+
Virus Y de la Papa	<i>Solanum tuberosum</i> subsp. <i>tuberosum</i>		-
Virus Mosaico del Tomate	<i>Nicotiana glutinosa</i> L.	+	-
Virus Mosaico del Tomate	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	+	-
Virus Mosaico del Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i> L.		-
Virus X de la Papa	<i>Solanum tuberosum</i> subsp. <i>tuberosum</i>		-

Leyenda: + el incremento del nutriente aumenta la enfermedad y - el incremento del nutriente disminuye la enfermedad
Fuente: Velasco (1999)

comparación con la forma NH_4^+ y de los compuestos nitrogenados nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), nitrato de amonio (NH_4NO_3), sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) o urea (46 % de N), en la colonización de segmentos de tallo de pino por *Rhizoctonia solani* var. *solani* J.G. Kühn en varios grados, así como considera al sulfato de amonio como el de mayor efectividad en la disminución de la incidencia de la marchitez fúngica al compararlo con otros fertilizantes nitrogenados.

Aumento de la incidencia de la enfermedad

Desde los años 60 ya se manejaba que la incidencia de distintas enfermedades a menudo era estimulada con las aplicaciones de nitrógeno (Van Dillewijn, 1965). En relación al efecto del incremento de la severidad de la enfermedad se presupone que las altas concentraciones de nitrógeno frecuentemente incrementan la dimensión de los síntomas, como se mencionó anteriormente, atribuibles a formas específicas de nitrógeno disponibles y asimilables por el patógeno (Hasanuzzaman *et al.*, 2018).

Según Van Dillewijn (1965), en caña de azúcar la ocurrencia de la pudrición del cogollo causada por el *Fusarium* (*Fusarium moniliforme* Sheldon), se estimula por el aumento de las aplicaciones de nitrógeno, sin embargo, la incidencia de la enfermedad mancha de ojo (*Bipolaris sacchari* (Butl.) Shoemaker) se podía reducir considerablemente suspendiendo las mismas hacia el final del período de crecimiento. A la vez, Sidique y Nordahliawate (2007) confirman que los síntomas de esta enfermedad mantenían tendencia de desarrollo durante períodos de aplicación de grandes cantidades del nutriente.

Putra y Damayanti (2016) establecen que la aplicación de los fertilizantes sulfato de amonio y cloruro de potasio (KCl) aumentaron significativamente la incidencia del virus del mosaico estriado de la caña de azúcar (Sugarcane Streak Mosaic Virus (SCSMV)) en comparación con el control, mientras que la deficiencia de nitrógeno también mostró efectos de susceptibilidad a la infección. Los bajos niveles de aplicación de este elemento

acortaron el período de incubación del virus e hizo que las plantas de caña de azúcar fueran más sensibles a la infección.

El déficit de nitrógeno hace que las plantas se debiliten, crezcan con lentitud y envejezcan con mayor rapidez, condiciones que favorecen la agresividad de los patógenos, pero el exceso disminuye la producción de lignina y hace a las plantas más suculentas, por lo que también resultan más sugestivas a los patógenos.

La disponibilidad de nitrógeno produce efectos significativos en la morfología y fisiología de los hongos, y en la síntesis de metabolitos secundarios como la fumonisina en *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Kim y Woloshuk, 2008). Estudios más recientes amplían los conocimientos sobre el papel de la disponibilidad de nitrógeno en la expresión de los genes involucrados en la interacción patógeno - hospedante (Lin *et al.*, 2016).

Fósforo

El fósforo (P) al igual que N es un nutriente esencial para el crecimiento del cultivo, teniendo un rol irremplazable en muchos procesos bioquímicos, fisiológicos y en general, en el incremento de la resistencia a determinadas enfermedades. La fertilización desbalanceada del elemento trae como consecuencia el aumento de la aparición de plagas y enfermedades (Rasche *et al.*, 2016).

Huber (1980) puntualizó la esencialidad del fósforo en la multiplicación de los virus, por lo que su exceso puede exacerbar las enfermedades virales en las plantas. Diversas investigaciones dan muestra de esta afirmación. Indistintamente, Thomas y McLean (1967) observaron que con un bajo nivel de concentración de fósforo en una solución nutritiva se obtuvo menor expresión en los síntomas del virus mancha anillada del tabaco en el calabacín (*Cucurbita pepo* L.). Campillo *et al.* (1981) encontraron que, en ausencia del nutriente las plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) son más susceptibles a la infección del virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV), expresado por la disminución de su rendimiento entre 40 % y 70

%.

Según González (1996) este elemento juega un papel importante en la multiplicación del virus jaspeado del tabaco (TEV). También Moreira (2018) expresa que las aplicaciones conjuntas de los tres elementos (nitrógeno, fósforo y potasio) controlaron la enfermedad buba (*Albonectria rigidiuscula* (Berk. & Broome) Rossman & Samuels) en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.).

Los compuestos de fósforo, conocidos como fosfitos, tienen un efecto directo sobre el desarrollo de organismos fitopatógenos ya que son inhibidores de la fosforilación oxidativa en el metabolismo de Oomycetes (González, 2017). Este autor describe que su aplicación en medio de cultivo inhibe la esporulación de *Pythium* spp. y la germinación de esporas de *Penicillium axpansum* Link. Por otra parte Cerioni *et al.* (2013) determinaron como las aplicaciones de fosfitos de potasio inhiben desde un 50 % a un 99 % la germinación de esporas de *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc.

La fertilización fosfatada incrementa el rendimiento del cultivo sin afectar el índice de intensidad de infestación del barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae), principal plaga de la caña de azúcar (Rasche *et al.*, 2016).

Como resultante de la revisión se infiere la importancia de este elemento no solo en la incidencia de las virosis, sino que además tiene efecto en determinadas plagas insectiles, por lo que es sugerente profundizar estos estudios.

Potasio

El potasio es vital para la supervivencia de la planta bajo condiciones de estrés. Forma parte de la estructura química de las plantas, pero también tiene importantes funciones como regulador bioquímico y fisiológico. La deficiencia de este elemento hace vulnerable a la planta y aumenta la susceptibilidad a varias enfermedades. Tiene una importante participación en el metabolismo y crecimiento de la planta en interacción con otros nutrientes, lo que incide de manera directa en las variaciones de la susceptibilidad ante las enfermedades (Hasanuzzaman *et al.*, 2018).

Ghorbani *et al.* (2008) expresan que un nivel óptimo de potasio disminuye la susceptibilidad de plantas hospedantes, y Morán (2016) expresa que deficiencias de este elemento hacen más evidente la incidencia de enfermedades como pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksw.), pudrición del tallo (*Nakataea oryzae* (Catt.) J. Luo & N. Zhang) y tizón del arroz (*Pyricularia grisea* Cooke ex Sacc.). En el cultivo del café, las deficiencias de K se asocian a una mayor susceptibilidad a *Mycosphaerella coffeicola* (Cooke) J.A. Stev. & Wellman (Naranjo, 2018).

Otros autores aseguran que la fertilización con potasio reduce la intensidad de muchas enfermedades causadas por patógenos obligados y facultativos. Por su parte, Rein *et al.* (2011) describen que al parecer se evidencia un aumento de la resistencia de la caña de azúcar contra ciertas enfermedades. Destaca en particular la influencia del potasio en la reducción de la enfermedad de la caña de azúcar mancha de ojo (*Bipolaris sacchari* (Butl.) Shoemaker), atribuido básicamente al hecho de acrecentar el espesor de la cutícula celular de las hojas. La incidencia de la pudrición rosada del cultivo de manzana "Cripps Pink" (*Malus domestica*) causadas por los hongos *Penicillium* spp. y *Botrytis cinerea* Pers.:Fr. se contuvieron significativamente con la aplicación de fosfitos de potasio (Lutz *et al.*, 2016).

En el caso del potasio existe un amplio número de investigaciones sobre su relación con la resistencia de las plantas a enfermedades, no obstante, esta información es cualitativa y pocos señalan sobre los contenidos o elementos en el análisis foliar o del suelo y su expresión respecto a las enfermedades desde el punto de vista cuantitativo.

CONCLUSIONES

Aunque existen algunas contradicciones, los macroelementos primarios pueden incidir en la tolerancia y/o resistencia a las enfermedades provocadas por diversos patógenos de las plantas. La disminución de los síntomas de las patologías, es el efecto más común observado por la acción de los macroelementos, excepto para el nitrógeno, el cual evidentemente

incrementa la susceptibilidad. El adecuado suministro de una fertilización balanceada promueve el crecimiento óptimo de las plantas, lo cual se considera de importancia para la resistencia a enfermedades.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Grethel Lázara Sieiro Miranda: conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación. Interpretación de los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito. Responsable de la conservación de los datos y anotaciones tomadas en el transcurso de la investigación. Fue el responsable de escribir el manuscrito publicado, específicamente, la redacción del borrador (incluida la rectificación de los señalamientos realizados al mismo por los árbitros y Consejo Editorial).

Alberto González Marrero: tuvo la responsabilidad de supervisar la ejecución de las actividades de investigación. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

Eida Rodríguez Lema: contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para sintetizar los datos de estudio obtenidos. Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

Mérida Rodríguez Regal: contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para sintetizar los datos de estudio obtenidos. Fue el responsable de la gestión, coordinación, planificación y ejecución de las actividades de investigación. Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

AMIRIEH, S., MOHAMMADI, J. and PAKROU, N. 2016. Nitrogen and silicon impacts on the intensity of stem borer damage in sugarcane in Iran. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, vol. 29: 485-491.

BEN-YEPHET, Y., REUVEN, M., ZVIEBIL, A., *et al.* 2006. Effect of nutrition on deformation disease in *Gypsophila paniculata* mother plants. *Phytopathology*, 96: 771-776.

CAMPILLO, R., QUEZADA, C. y AGUILA, A. 1981. Incidencia del virus del enrollamiento de la hoja de la papa en la respuesta a la fertilización NPK. *Agricultura Técnica*, 41: 25-29.

CERIONI, L., RAPISARDA, V.A. J., FIKKERT, S., *et al.* 2013. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. *Plant Disease*, 97: 201-212.

CRISTANCHO, J.A., ALFONSO, O.A. y MOLINA, D.L. 2012. Revisión de la literatura sobre el papel del suelo y la nutrición de plantas en la Pudrición del cogollo de la palma de aceite. *Revista Palmas*, 33 (2): 9-22.

GHORBANI, R., WILCOCKSON, S., KOOCHKEI, A. y LEIFERT, C. 2008. Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 6: 149-162.

GONZÁLEZ MILLÁN, M. 2017. Fosfitos de potasio en el manejo de *Peronospora sparsa* Berkeley en el cultivo de Rosa Variedad Samourai bajo invernadero. Tesis en opción al grado de Licenciado, Centro Universitario UAEM Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, 82 pp.

GONZÁLEZ, M. 1996. Efecto de niveles nutrimentales en las infecciones de los virus Marchitez Manchada del Tomate y Jaspeado del Tabaco en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis en opción al grado de Magister Scientiae, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

HASANUZZAMAN, M., BORHANNUDDIN, M. H. M., NAHAR, K., *et al.* 2018. Potassium: A Vital Regulator of Plant

- Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, 8: 31, doi:10.3390/agronomy8030031.
- HUBER, D.M. 1980. The role of mineral nutrition in defense. *Plant disease and advanced treatise*, Vol. 5: 386 - 406.
- KIM, H. and WOLOSHUK, C. 2008. Role of AREA, a regulator of nitrogen metabolism, during colonization of maize kernels and fumonisin biosynthesis in *Fusarium verticillioides*. *Fungal Genetics and Biology*, 45: 947-953.
- LIN, Z., WANG, J., BAO, Y., *et al.* 2016. Deciphering the transcriptomic response of *Fusarium verticillioides* in relation to nitrogen availability and the development of sugarcane pokkah boeng disease. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, vol. 29: 1338-1347.
- LÓPEZ MORALES, E. 2008. La nutrición y su relación con el Síndrome de la Punta Morada. Tesis como requisito para optar por el título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", División de Agronomía, Departamento de Parasitología, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 64 pp.
- LUTZ, M.C., SOSA, M.C., VERA, L., *et al.* 2018. Potential effects on D'Anjou pears of resistance inducer to *Botrytis cinerea* in North - Patagonia, Argentina. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Maria_Sosa12/publication/319326391_POTENTIAL_EFFECTS_ON_D%27ANJOU_PEAR_S_OF_RESISTANCE_IN_DUCER_TO_Botrytis_cinerea_CONTROL_IN_NORTH-PATAGONIA_ARGENTINA Consultado el 04/07/2018.
- MARTÍN, N. y DURÁN, J.L. 2009. El suelo y su fertilidad. 1ra ed., MINAGRI, LA Habana, Cuba.
- MORÁN ALVAREZ, E.J. 2016. Efecto del fosfito de potasio sobre la incidencia del manchado del grano en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en América Lomas, Daule. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil, 38 pp.
- MOREIRA AYALA, C.E. 2018. Manejo de la enfermedad buba en el cultivo de cacao, haciendo Rodeo Grande, Cantón Baba, Provincia de los Ríos. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Guayaquil, 58 pp.
- MUNÉVAR, F. 2004. Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas. *Revista Palmas*, 25 (No. Especial): 171-178.
- NARANJO ZÚÑIGA, V.R. 2018. Evaluación del efecto de diferentes manejos de nutrición y sombra sobre la resistencia fisiológica de la planta de café (*Coffea arabica*) a la roya (*Hemileia vastatrix*), en discos de hoja en condiciones controladas de laboratorio. Tesis como requisito para optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 82 pp.
- OGDEN, M., HOEFGEN, R., ROESSNER, U., *et al.* 2018. Feeding the Walls: How Does Nutrient Availability Regulate Cell Wall Composition? *Int. J. Mol. Sci.*, 19: 2691, doi: 10.3390/ijms19092691.
- PUTRA, L.K. and DAMAYANTI, T.A. 2016. Effect of nitrogen and potassium fertilizers, and soil water content on incidence and severity of Sugarcane streak mosaic virus (SCSMV) infecting sugarcane. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, vol. 29: 1620-1626.
- RASCHE, J.W., CABRAL, C.C., MULLER, E.A., *et al.* 2016. Fertilización fosfatada y enclado y su efecto sobre el desarrollo, productividad y ataque del barrenador en caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 43 (1): 36 - 43.

- REIN, P., TURNER, P. and MATHIAS, K. 2011. Good management practices for the cane sugar industry. 1ra. rev. ed. International Finance Corporation (IFC). Disponible en: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/486cf5004953685e8586b519583b6d16/IFC_GMP_ManualCaneSugarIndustry.pdf?MOD=AJPERES.
- SIDIQUE, M. and NORDAHLIAWATE, S. 2007. Pathogenicity and aethiology of *Fusarium* species associated with pokkah boeng disease on sugarcane. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias, Universiti Sains Malaysia, Malaysia, 40 pp.
- THOMAS, J.R. and MCLEAN, D.M. 1967. Growth and mineral composition of squash (*Cucurbita pepo* L.) as affected by N P K and tobacco ring spot virus. *Agron. J.*, 59: 67-69.
- VAN DILLEWIJN, C. 1965. Botánica de la Caña de Azúcar. 2da ed. Edición Revolucionaria, La Habana, Cuba.
- VELASCO, V.A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *TERRA*, 17 (3): 193 - 207.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.