

Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas

Relationship between Nutrition and Plant Diseases

Fernando Munévar M.¹

Resumen

La investigación científica de carácter básico ha proporcionado explicaciones específicas acerca de los mecanismos por los cuales la nutrición tiene una marcada influencia sobre la incidencia y severidad de las enfermedades de las plantas cultivadas. Por otra parte, de la investigación aplicada se han obtenido resultados que han dado bases para incorporar el manejo nutricional en esquemas comerciales de control integrado de los problemas sanitarios de varios cultivos. En el caso de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), se tienen algunos ejemplos concretos provenientes de otros países y recientemente se han logrado avances de investigación local que muestran un importante potencial de manejo de algunas enfermedades de esta oleaginosa mediante el manejo integrado de su nutrición. El presente trabajo resume las bases científicas, en términos de mecanismos bioquímicos y fisiológicos, que permiten explicar la relación entre la nutrición vegetal y las enfermedades de las plantas, presenta ejemplos prácticos de aplicación en otras especies e ilustra el potencial que tiene este enfoque de manejo en la palma de aceite en Colombia, mediante la presentación de ejemplos de resultados obtenidos en cuanto a la Pudrición de Cogollo y la Pestalotiopsis, dos enfermedades de alta importancia económica en la palmicultura colombiana.

Summary

Basic scientific research has provided specific explanations about the mechanisms through which nutrition influences the incidence and severity of plant diseases. On the other hand, results of applied research have set the bases for incorporating nutrition management into integrated disease control schemes in commercial crops. Regarding oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), examples from abroad and recent advances in local research show the potential of nutrition management as a component of integrated disease control. This paper is a non comprehensive summary of research results about the biochemical and physiological mechanisms that explain the relationships between plant nutrition and diseases. Examples of the application of those results to disease management in different crops are given and an interpretation of the potential extrapolation of them to oil palm is made. A reference is made of the research that is being conducted by Cenipalma on this subject, regarding Pestalotiopsis and Bud Rot diseases in Colombia.

Palabras Clave

Deficiencias nutricionales,
Enfermedades,
Nutrición vegetal,
Palma de aceite.

1 . Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D.; Líder Área de Manejo de Suelos y Agua, Cenipalma.
E-mail: fernando.munevar@cenipalma.org

Introducción

En los cultivos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia se presentan varias enfermedades de carácter biótico, cuya distribución y severidad difieren según las zonas de cultivo, pero que bajo ciertas circunstancias tienen una incidencia de tal magnitud que causan disminuciones importantes de los rendimientos de fruto y aceite y la rentabilidad del cultivo. Dos ejemplos de este tipo de problemas son la Pudrición del Cogollo de los Llanos Orientales (Zona Oriental) y el añublo foliar o Pestalotiopsis en la Zona Central.

Existe un concepto de aceptación general, según el cual un organismo bien nutrido tiene menos riesgo de enfermarse y si se enferma, tolera más la enfermedad, es decir, se afecta menos (Huber, 1997). A pesar del carácter general de este concepto, el mismo no puede ser utilizado para el manejo de las enfermedades de las plantas cultivadas comercialmente, salvo que se profundice en él y se lleguen a conocer los aspectos específicos de cómo actúa este tipo de relación.

Es por tanto necesario conocer qué relaciones específicas existen entre el estado nutricional de las plantas y la ocurrencia de las enfermedades; en qué enfermedades se presentan relaciones con la nutrición; qué nutrientes y de qué forma influyen en las enfermedades; y finalmente si el conocimiento que se tiene sobre el tema para otros cultivos puede ser aplicable a la palma de aceite y si podría esperarse que en la práctica el manejo nutricional haga parte del manejo de las enfermedades de la palma de aceite. El presente trabajo está orientado a intentar resolver estas inquietudes, mediante una selección de ejemplos tomados de la literatura científica, pero sin pretender ser una revisión exhaustiva del tema.

La relación planta — patógeno — ambiente

Un concepto básico de la fitopatología establece que las enfermedades de las plantas son el resultado de una interacción entre la planta que sufre la enfermedad, el patógeno que la causa y el ambiente que regula el crecimiento y demás funciones de los organismos involucrados (Huber, 1997). Se requiere una combinación específica de condiciones de la planta, del

patógeno y del ambiente para que se presente una enfermedad; la planta debe estar bajo condiciones que la hagan susceptible a la enfermedad; el patógeno debe estar presente en condiciones específicas de tiempo, lugar, densidad de población y virulencia para que pueda causar la enfermedad; y las condiciones del ambiente deben ser tales que tanto planta como patógeno reúnan las condiciones requeridas para el desarrollo de la enfermedad. Esta interacción no sólo determina la ocurrencia de las enfermedades de las plantas, sino también el grado de severidad con el cual se presentan. El efecto regulador del ambiente tiene que ver con el ambiente físico, químico o biológico. Como parte del ambiente físico están las condiciones climáticas; como ejemplo de componentes del ambiente químico pueden mencionarse las características químicas del suelo donde crece la planta y podría estar presente el patógeno y como parte del ambiente biótico deben considerarse, por ejemplo, todos los microorganismos que desempeñan un papel regulador del patógeno.

Al tener en cuenta que una enfermedad es el resultado de la interacción antes descrita, se visualiza fácilmente que las alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas pueden estar orientadas tanto a la planta, como al patógeno o al ambiente, o lo que sería ideal, de forma integrada a los tres componentes de la interacción. Los nutrientes para las plantas hacen parte del ambiente químico del sistema suelo-planta y por tanto su manejo puede considerarse como factor de utilidad potencial en el manejo de las enfermedades.

Mecanismos de acción de los nutrientes sobre las enfermedades

Conceptos generales

El papel de los nutrientes de las plantas que estamos más acostumbrados a considerar es aquel relacionado con sus funciones en el metabolismo, a través del cual afectan el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, la nutrición mineral también tiene efectos secundarios sobre el crecimiento y el rendimiento, a través de su influencia sobre el patrón de crecimiento, la morfología y la

anatomía de la planta y sobre su composición química. Cambios inducidos por los nutrientes en estas características pueden representar aumento o disminución tanto de la resistencia como de la tolerancia de la planta a las enfermedades. El efecto específico que se produzca depende del nutriente en consideración, la modificación específica en su disponibilidad o concentración (aumento o disminución), la naturaleza del patógeno y el genotipo vegetal (Marschner, 1995).

Para una mejor comprensión de este tema, conviene tener presente la diferencia entre tolerancia y resistencia a las enfermedades así: *resistencia* es la habilidad de la planta para limitar la penetración, el desarrollo y la reproducción del patógeno invasor, mientras que *tolerancia* es la habilidad de la planta para mantener su propio crecimiento y producción a pesar del ataque de la enfermedad (Marschner, 1995).

Una revisión de literatura muy extensa realizada por Huber (1997) que incluyó 1.180 informes permitió a dicho autor señalar que todos los elementos esenciales para las plantas pueden influenciar algunas enfermedades, y aunque ningún nutriente las combate todas en todas las especies vegetales, la severidad de la mayoría de ellas puede reducirse de manera apreciable con

una nutrición adecuada. El citado autor presenta un resumen de la revisión que adelantó, con base en el cual se presenta la Tabla 1. Es claro que con excepción del nitrógeno (N) y del azufre (S), al aumentar la disponibilidad de los elementos, el efecto más frecuente es una disminución de la enfermedad. Más adelante se explican algunas razones que determinan el comportamiento diferente del N en relación con los otros nutrientes.

La literatura científica contiene numerosos ejemplos sobre los mecanismos específicos por medio de los cuales los nutrientes influyen sobre las enfermedades de las plantas a través de los cambios en resistencia o tolerancia. En los siguientes apartes de este escrito se presenta una selección de ejemplos como ilustración de la diversidad de circunstancias bajo las cuales se ha documentado científicamente este tema.

Efectos específicos de algunos nutrientes

Como un primer ejemplo de mecanismos de acción de la nutrición sobre la relación planta-patógeno se ilustra a continuación el modelo utilizado por Marschner (1995) para describir el proceso de penetración de una hifa de un hongo en la superficie de una hoja (Figura 1). El diagrama muestra aspectos relacionados con los mecanismos que se enumeran a continuación.

Tabla 1 Efectos del aumento de la disponibilidad de diferentes nutrientes sobre las enfermedades de las plantas, de acuerdo con el resumen de 1.180 informes revisados por Huber (1997). Adaptada del citado autor

Elemento cuya disponibilidad se aumentó	Número de casos		
	La enfermedad disminuyó	La enfermedad aumentó	El efecto fue variable
Nitrógeno	168	233	17
Fósforo	82	42	2
Potasio	144	52	12
Calcio	66	17	4
Manganeso	68	13	2
Cobre	49	3	0
Zinc	23	10	3
Boro	25	4	0
Hierro	17	7	0
Azufre	11	13	0
Magnesio	18	12	2
Sílice	15	0	0
Cloro	9	2	8
Otros	27	4	0

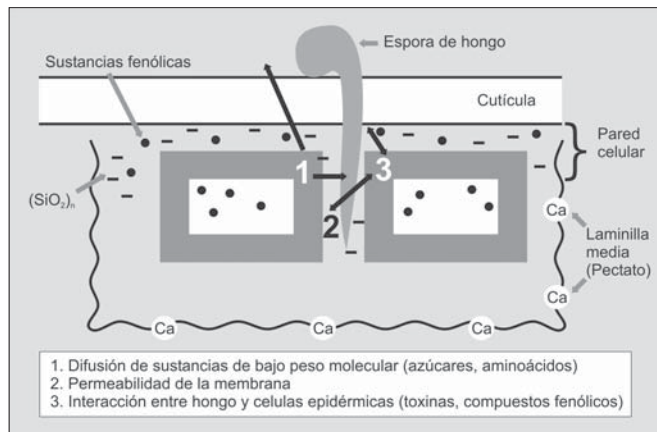


Figura 1 Proceso de penetración de una hifa de un hongo en la superficie de una hoja: interacciones y relación con la nutrición (Adaptado de Marschner, 1995)

i) La presencia de sustancias fenólicas y flavonoides que tienen propiedades fungistáticas, las cuales en muchos casos están en mayores concentraciones en las células epidérmicas, mientras que la formación de dichas sustancias se ve limitada y por tanto hay acumulación de fenol cuando las plantas tienen deficiencias de algunos nutrientes como cobre (Cu) y boro (B).

ii) La presencia de formas poliméricas de silicio (Si) que actúan como una barrera física para la penetración del patógeno.

iii) La tasa de difusión y la composición de los exudados citoplasmáticos al exterior, aspectos que se afectan por la disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, la concentración de azúcares y aminoácidos es elevada en las hojas cuando hay deficiencia de potasio (K), y como estas sustancias favorecen el desarrollo de los hongos, su mayor concentración favorece las enfermedades fungosas. La concentración de aminoácidos es también alta cuando hay excesos de N. La permeabilidad de las membranas citoplasmáticas se aumenta cuando hay deficiencia de calcio (Ca) o de B y esto favorece la acumulación de aminoácidos y azúcares en el apoplasto (región externa al citoplasma), lo cual ocurre también con la deficiencia de K, que limita la síntesis de polímeros.

iv) La participación del Ca en la estructura de la pared celular, cuya rigidez se pierde por deficiencia de dicho elemento y por tanto se facilitan las infecciones.

El modelo antes descrito permite comprender por qué la relación entre el estado nutricional de una planta y su reacción a los patógenos no es producto de la casualidad, sino que está sustentada científicamente y se cuenta con explicaciones al nivel de mecanismos bioquímicos y fisiológicos específicos.

En cuanto a los efectos del N debe aclararse que éstos son dependientes de la naturaleza de los patógenos que causan las diferentes enfermedades. Está establecido que altos niveles de suministro de N aumentan la severidad de las enfermedades causadas por hongos que actúan como parásitos obligados, pero tienen el efecto contrario sobre las enfermedades causadas por hongos facultativos y la mayoría de las enfermedades causadas por bacterias. El contraste en comportamiento está asociado a la diferencia en requerimientos nutricionales de los dos grupos de patógenos. Debido a esto, los efectos de altos niveles de N sobre la severidad de las enfermedades no se pueden generalizar (Marschner, 1995).

Dados los efectos del N y del K antes mencionados, la relación entre la concentración de N y de K en los tejidos de las plantas tiene efectos sobre el desarrollo de las enfermedades, por lo cual cuando hay una alta relación N/K, el mecanismo de acción del bajo K y el del alto N se refuerzan y esto favorece el desarrollo de las enfermedades fungosas. Esta condición explica las observaciones que han permitido sugerir que la alta relación N/K hace parte de los factores de predisposición de la palma de aceite a la enfermedad de la Pudrición de Cogollo (Munévar, Acosta, 2002).

A los mecanismos de acción ya anotados para el Ca debe agregarse que el suministro adecuado de este elemento permite la inhibición por parte de la planta de las enzimas pectolíticas de los patógenos que son las que les permiten realizar la infección de los tejidos vegetales y también que, por otra parte, el Ca en exceso limita la disponibilidad del K en el sistema suelo-planta, causando un efecto similar a la deficiencia de K.

Los micronutrientes considerados en conjunto (B, Cu, hierro (Fe) y zinc (Zn), principalmente) actúan sobre las relaciones planta-patógeno a través de diferentes mecanismos como: i) El

metabolismo de las sustancias fenólicas; ii) la síntesis de flavonoides; iii) la síntesis de lignina; iv) el flujo de sustancias de bajo peso molecular al exterior de las células.

En cuanto al Si, además del mecanismo de acción ya anotado al explicar la Figura 1, se conoce de la existencia de mecanismos de carácter bioquímico, como lo es la promoción de la síntesis de metabolitos de bajo peso molecular, en particular fitoalexinas, con capacidad de restringir el crecimiento de los hongos (Epstein, 2001). Este mecanismo fue estudiado por Fawe *et al.* (1998) en cohombro y lo calificaron como una resistencia sistémica adquirida.

Ejemplos de resultados experimentales sobre control de enfermedades de varios cultivos mediante el manejo nutricional

Se presentan a continuación cuatro ejemplos tomados de la literatura, referentes al efecto de varios nutrientes sobre algunas enfermedades de tres especies vegetales, con el fin de mostrar que existen soportes científicos que justifican la búsqueda de alternativas de manejo de las enfermedades a través de la nutrición vegetal.

Los estudios de Kivilaan y Scheffer (1958) permitieron mostrar (Figura 2) que al inocular

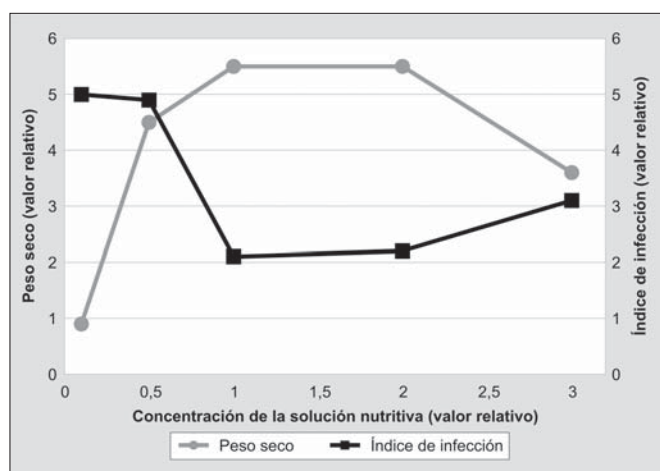


Figura 2 Efecto de la concentración de la solución nutritiva sobre el crecimiento de plantas de *Pelargonium* no infectadas y el grado de infección (plantas inoculadas) causado por *Xanthomonas pelargonii*. Adaptada de Kivilaan y Scheffer, 1958

plantas de *Pelargonium* con la bacteria fitopatógena *Xanthomonas* sp, causante de pudrición del tallo en dicha planta, el menor índice de infección se presentó cuando la concentración de nutrientes en la solución nutritiva (concentración relativa de 1,0) fue la más adecuada para el crecimiento de la planta. Concentraciones de nutrientes inferiores a la óptima determinaron índices de infección muy altos y cuando la concentración de nutrientes sobrepasó los niveles adecuados para el óptimo crecimiento, el índice de infección aumentó ligeramente.

El ejemplo de la Figura 3 muestra una sensible disminución en el daño causado por la pudrición del tallo del arroz como consecuencia de la fertilización potásica y al igual que en el ejemplo anterior, el nivel de fertilización que permitió el máximo rendimiento fue muy efectivo en el control de la enfermedad.

Los resultados que se presentan en la Figura 4 muestran con mucha consistencia una relación inversa entre la concentración foliar de K en el pasto Bermuda y la severidad de una enfermedad del follaje. En dicho ejemplo la concentración foliar de K que permitió los rendimientos más altos de materia seca del pasto coincidió con la concentración a la cual la severidad de la enfermedad fue menor.

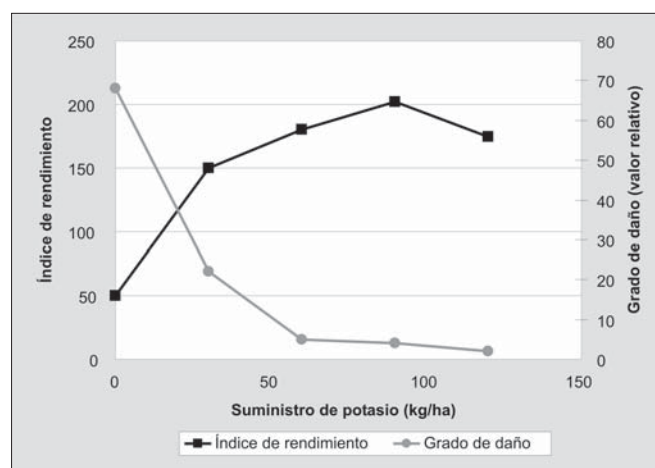


Figura 3 Efecto de la fertilización potásica en el rendimiento del arroz y en la incidencia de pudrición del tallo causada por *Helminthosporium*. Nitrógeno y fósforo constantes. Adaptada de Ismunadji (1976)

Finalmente, la Figura 5 muestra cómo al aumentar la concentración de Si en el medio de crecimiento, aumentó el contenido de dicho elemento en las hojas del arroz, cambio que estuvo acompañado por una disminución en el número de lesiones foliares causadas por *Pyricularia oryzae*. El efecto favorable del Si en el control de enfermedades fungosas de las monocotiledóneas, principalmente arroz y otras gramíneas está documentado científicamente desde cerca de 1957 (Jones, Handreck, 1967).

Los ejemplos anteriores tomados en conjunto dejan en claro que por lo general un suministro balanceado de nutrientes que permita el crecimiento óptimo de los cultivos se considera también óptimo para que las plantas resistan el ataque de los patógenos (Marschner, 1995). Este concepto tiene mucha utilidad práctica para los agricultores, ya que les permite tener claro que una estrategia de manejo de las enfermedades a través de la nutrición de los cultivos no implica hacer uso de los fertilizantes en cantidades superiores a aquellas que les permiten lograr los máximos rendimientos.

Ejemplos de resultados experimentales en palma de aceite

En la palma de aceite se han encontrado evidencias sobre efectos del estado nutricional del cultivo en el desarrollo de las enfermedades. Uno de los primeros ejemplos registrados en la literatura es el presentado por Perrenoud (1990) quien resume el hallazgo hecho por Ollagnier en 1964 según el cual la incidencia de la marchitez causada por *Fusarium* fue menor en palmas fertilizadas con K por varios años, en comparación con palmas no fertilizadas con este elemento (Figura 6). Posteriormente, Ollagnier y Renard (1976) presentaron datos que indican una disminución en la Marchitez Vascular en la medida en que fue mayor la concentración de K en las hojas, habiéndose logrado una disminución del 27 al 11,6%, cuando el K foliar pasó de 0,50 a 0,93%.

Perrenoud (1990) presentó resultados de estudios sobre la relación entre la fertilización y la pudrición de estípites, los cuales mostraron una menor incidencia de la enfermedad en palmas de aceite que recibieron de manera balanceada

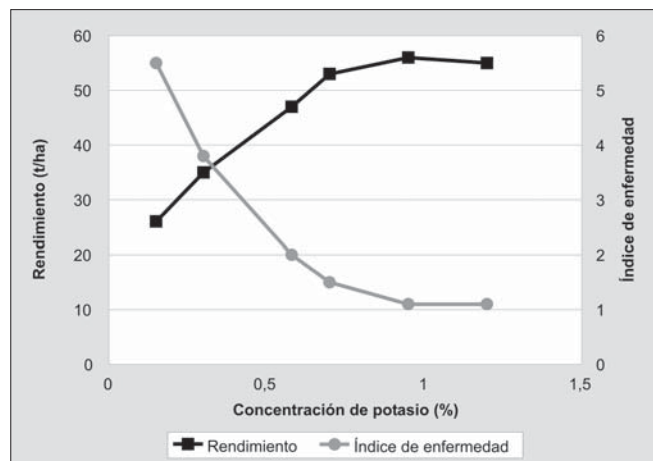


Figura 4 Relación entre la concentración foliar de potasio, el rendimiento del pasto Bermuda y la severidad del manchado foliar causado por *Helminthosporium* sp. Adaptada de Matosha y Smith (1980)

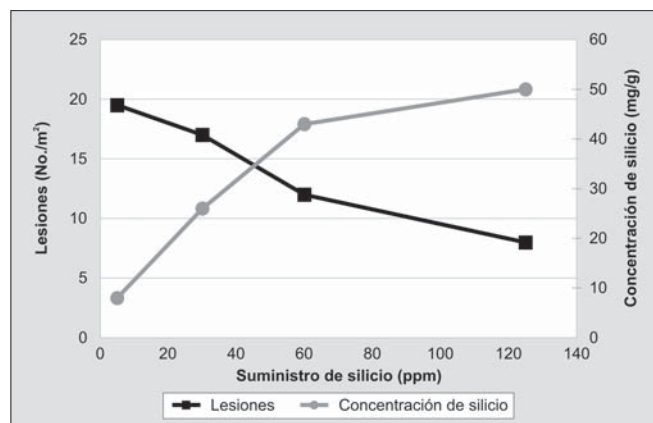


Figura 5 Relación entre el suministro de silicio, su concentración en las hojas y la susceptibilidad del arroz al ataque de *Pyricularia oryzae*. Adaptada de Volk et al. (1958)

fertilización con N, P y K, en comparación con palmas no fertilizadas o con aquellas que recibieron sólo la aplicación de uno de los nutrientes mencionados. Por otra parte, Turner (2003) señala que la incidencia de la Pestalotiopsis puede estar asociada con deficiencias de magnesio (Mg), mientras que los ataques de *Ganoderma* pueden estarlo con deficiencias de K.

En Colombia, Cenipalma avanza en estudios de campo que muestran una posible influencia del balance entre diferentes nutrientes y la incidencia de la Pestalotiopsis (Motta et al., 2004).

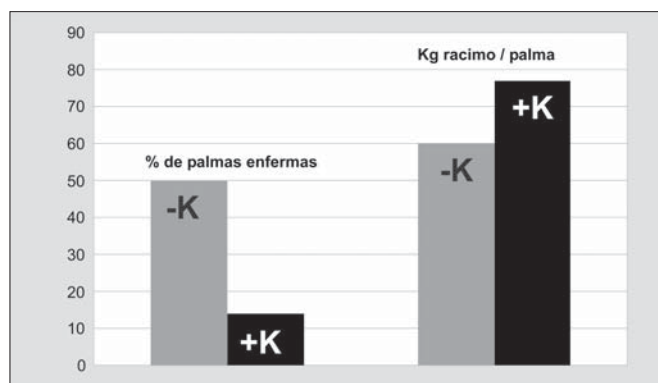


Figura 6 Influencia de la fertilización potásica en la incidencia de la fusariosis de la palma de aceite. Adaptada de Perrenoud (1990)

Los estudios más detallados entre la nutrición y las enfermedades de la palma de aceite en Colombia los ha adelantado Cenipalma, en relación con la enfermedad de la Pudrición del Cogollo (Acosta *et al.*, 2002; Acosta, Munévar, 2003; Gómez *et al.*, 2000; Munévar, Acosta, 2002; Munévar *et al.*, 2001). Dichos estudios muestran que carencias de algunos nutrientes y desbalances entre ellos actúan como factores de predisposición a la enfermedad, la cual es causada por patógenos débiles. Dichos estudios también señalan que los desbalances entre N y K, entre Ca y B y entre los elementos Ca, Mg y K propician el desarrollo de la enfermedad y han mostrado cómo el manejo integral de la nutrición debe hacer parte de las estrategias de manejo integrado de la Pudrición de Cogollo.

Consideraciones finales

Las investigaciones básicas y aplicadas han comprobado que el manejo nutricional de los cultivos es una herramienta útil para el manejo de las enfermedades, ya que la relación entre el estado nutricional de una planta y su reacción a los patógenos no es producto de la casualidad, sino que está sustentada científicamente y se cuenta con explicaciones al nivel de mecanismos bioquímicos y fisiológicos específicos.

El conocimiento general sobre la relación entre la nutrición y las enfermedades puede utilizarse para el manejo sanitario de la palma de aceite.

Por lo general, un suministro balanceado de nutrientes que asegure un crecimiento vegetal

óptimo, también es adecuado para lograr resistencia a las enfermedades.

En Colombia existe un potencial muy alto para mejorar el estado sanitario de los cultivos de palma de aceite, ya que son muy frecuentes las limitaciones de la fertilidad de los suelos (Munévar, 1998).

Los estudios que se adelantan sobre la relación entre la nutrición y los problemas sanitarios del cultivo de palma de aceite en Colombia deben continuarse y profundizarse, pues los resultados que han arrojado hasta el presente son muy promisorios. 🌴

Bibliografía

- ACOSTA, A.; MUNÉVAR, F.; GÓMEZ, P.L.; SANTACRUZ, L. 2002. Nutritional factors associated with bud rot disease in oil palm plantations in Colombia. Internat. Oil Palm Conference. Indonesian Oil Palm Res. Inst. Bali, Indonesia.
- ACOSTA, A.; MUNÉVAR, F. 2003. Bud rot in oil palm plantations: Link to soil physical properties and nutrient status. Better Crops International. v.17, no.2, p.22-25.
- EPSTEIN, E. 2001. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: Datnoff, L.E.; Snyder, G.H.; Korndörfer, G.H. (ed). Silicon in Agriculture. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, p.1-15.
- FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. 1998. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. Phytopathol v.88, p.396-401.
- GÓMEZ, P.L.; AYALA, L.; MUNÉVAR, F. 2000. Characteristics and management of bud rot, a disease of oil palm. Proc. Int. Planters Conf. "Plantation tree crops in the new millenium: the way ahead". Incorp. Soc. Planters, Kuala Lumpur, p.545-553.
- HUBER, D.M. 1997. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de plantas. Agronomía Costarricense, Costa Rica, v.2, no.1, p.99-102.
- ISMUNADJI, M. 1976. Rice diseases and physiological disorders related to potassium deficiency. Proc. 12th Colloq. Int. Potash Ins. Bern, p.46-60.
- JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. 1967. Silica in soils, plants and animals. Adv. Agron., no.19, p.107-149.
- KIVILAAN, A.; SCHEFFER, R.P. 1958. Factors affecting development of bacterial stem rot of *Pelargonium*. Phytopathol. v.48, p.185-191.

- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. London.
- MATOCHA, J.E.; SMITH, L. 1980. Influence of potassium on *Helminthosporium cynodonis* and dry matter yields of coastal Bermudagrass. Agron. J. v.72, p.565-567.
- MOTTA V., D.F.; ARIAS A., N.A.; MUNÉVAR M., F.; ALDANA D., J.A.; RAIRÁN, C.N.; CALVACHE G., H. 2004. Relación entre la nutrición del cultivo y la incidencia de la Pestalotiopsis en la palma de aceite en las zonas norte y central de Colombia (en imprenta).
- MUNÉVAR M., F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. Palmas, Colombia, 19 (número especial), p.218-228.
- MUNÉVAR M., F.; ACOSTA G., A. 2002. Recomendaciones de manejo del cultivo de palma de aceite para minimizar el impacto de la Pudrición del Cogollo. Ceniavances no. 97, p.1-4. Cenipalma, Bogotá.
- MUNÉVAR M., F.; ACOSTA G., A.; GÓMEZ, P.L. 2001. Factores edáficos asociados con la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite en Colombia. Palmas, Colombia, v.22, no.2, p.9-12.
- OLLAGNIER, M.; RENARD, J.L. 1976. The influence of potassium on the resistance of oil palms to *Fusarium*. Oléagineux. v.31, p. 203-209.
- PERRENOUD, S. 1990. Potassium and plant health. IPI Research Topics no. 3. International Potash Institute, Berna.
- TURNER, P. 2003. The role of nutrition in disease control. In: Fairhurst, T; Härdtnr. R. (ed). Oil Palm: Management for large and sustainable yields. Potash and Phosphate Institute, p.181-190.
- VOLK, R.J.; KAHN, R.P.; WEINTRAUB, R.L. 1958. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus *Pyricularia oryzae*. Phytopathol. v.48, p.179-184.