

EL PAPEL DEL SILICIO EN EL DESEMPEÑO

de palmas con flecha seca en una plantación comercial
de palma aceitera en Quepos, Costa Rica

ROLE OF Si IN THE PERFORMANCE

of Palms Suffering Spear Rot on a Commercial Oil
Palm Plantation in Quepos, Costa Rica

AUTORES



Alvaro Acosta

Floria Ramírez

Unidad de Investigación,
Palma Tica S.A.

Héctor Albertazzi

Ingeniero Agrónomo Investigador
Programa de Manejo Integrado de
Plagas y enfermedades –
Palma Tica, Costa Rica
halbertazzi@numar.net

Palabras CLAVE

Palma de aceite, silicio,
flecha seca.

Oil palm, silicon, dry spear

RESUMEN



En muchos cultivos el silicio ha sido relacionado con tolerancia a enfermedades. El presente informe describe los resultados de pruebas semi-comerciales donde se evaluó el efecto de una fuente de silicio en la evolución de focos de flecha seca en la División de Quepos. Centros fruteros completos de 1,1 hectárea en promedio fueron utilizados como parcelas experimentales en las cuales alternadamente se aplicó el equivalente a 30 kg de Si/ha. La fertilización complementaria a los tratamientos fue similar en N, P, K, Mg y B. En total fueron aplicadas 148 parcelas, en un área experimental total de 1.44.4 hectáreas. Como variable de respuesta se evaluó el porcentaje de palmas sanas, palmas enfermas y en recuperación. Además, se evaluó el Índice de Recuperación Vegetativa, como una razón de la cantidad de palmas en recuperación entre el total de palmas enfermas acumuladas. Al cabo de un año de evaluaciones se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, encontrándose que aquellas parcelas que recibieron silicio lograron aumentar la recuperación en 62% y 94% en los dos casos evaluados.

SUMMARY

Silicon has been many times related to disease tolerance. This paper describes the results of semi-commercial tests in which the effect of a silicon source was assessed in the evolution of spear rot foci in the Quepos Division. Complete fruit centers of 1,1 ha in average were used as experimental plots in which an alternate application of 30 kg of Si per ha were applied. Complementary fertilization to the treatments was very similar in N, P, K, Mg and B. The application took place in 148 plots in an experimental area

of 144.4 hectares. The percentage of healthy, sick and under recovery palms was assessed as a response variable. The Vegetative Recovery Rate was also assessed as a result of the number of palms under recovery among the total number of accumulated sick palms. Highly significant differences were found among the treatments after 1 year of evaluations. The most outstanding result was that the plots that received Silicon increased their recovery in 62% and 94% in the two assessed cases.



En muchos cultivos el silicio ha sido relacionado con tolerancia a enfermedades. El presente informe describe los resultados de pruebas semi-comerciales que evaluaron el efecto de una fuente de silicio en la evolución de focos de flecha seca en la División de Quepos. Como parcelas experimentales se utilizaron centros fruteros completos de 1,1 hectáreas en promedio, en las cuales alternadamente se aplicó el equivalente a 30 kg de silicio por hectárea. La fertilización complementaria a los tratamientos fue similar en nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y boro (B). En total fueron aplicadas 148 parcelas, en un área experimental total de 144,4 hectáreas. Como variable de respuesta se evaluaron los porcentajes de palmas sanas, enfermas y en recuperación.

Además, se evaluó el índice de recuperación vegetativa, como una razón de la cantidad de palmas en recuperación entre el total de palmas enfermas acumuladas. Al cabo de un año de evaluaciones se observaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, encontrándose que aquellas parcelas que recibieron silicio lograron aumentar la recuperación en 62% y 94% en los dos casos evaluados.

INTRODUCCIÓN

El síndrome flecha seca de la palma aceitera, conocido como pudrición del cogollo en Suramérica, ha estado presente durante las últimas décadas en la mayoría de las plantaciones de América. La incidencia y la severidad de la enfermedad han sido altas en muchas ocasiones, con el consecuente impacto económico negativo en el proceso productivo de las empresas palmicultoras. Durante la última década, el enfoque de manejo integrado de la enfermedad ha logrado disminuir la severidad de los síntomas, aunque no se ha logrado disminuir la incidencia del complejo y, sobretodo, acortar el período de recuperación productiva de las palmas sintomáticas. En este

enfoque integrado de manejo de la enfermedad, la nutrición equilibrada juega un papel primordial y por eso el estudio de todos los elementos involucrados en ella debe ser una línea básica de investigación.

El silicio se considera un elemento benéfico, aunque no esencial para todas las plantas. Sus bondades para lograr mayor productividad, evidentes especialmente bajo condiciones de estrés, son reconocidas en cultivos como arroz, caña de azúcar, trigo, cebada y pepino. El silicio es absorbido por las raíces de las plantas como ácido silícico, se transporta a los puntos de crecimiento, donde luego de perder agua, se polimeriza como sílica-gel, que se deposita en las hojas y en los tallos (Ma *et.al.*, 2001).

En la planta, el silicio forma complejos enzimáticos que actúan como protectores y reguladores de la fotosíntesis y otras actividades enzimáticas (biosíntesis de lignina). Este elemento, además de jugar un papel primordial en la rigidez estructural de las paredes celulares (Bennett, 1993), ayuda a reducir la pérdida de agua y a retardar las infecciones fungosas (Havlin *et.al.*, 1999). También atenúa la deficiencia de zinc (Zn) producida por aplicación de altas cantidades de fósforo. Otros efectos beneficiosos en cultivos de grano son hojas más erectas (menos competencia por luz), menos volcamiento, menor incidencia de enfermedades y plagas de la raíz y el follaje, y prevención de la toxicidad de hierro (Fe) o manganeso (Mn). En cultivos como frijón, el Si produce una mejor distribución del Mn en las hojas aumentando la tolerancia; mientras que, en arroz, el Si favorece la oxidación del Mn en la raíz (aumenta el volumen y la rigidez del aerénquima), evitando así que cantidades tóxicas de Mn asciendan al follaje. No obstante, la esencialidad del silicio sólo ha sido comprobada para algunas especies de plantas (Marschner, 1997).

La concentración de silicio disponible en el suelo oscila entre 8 y 75 partes por millón (ppm). Su concentra-



ción suele ser mayor conforme aumenta la profundidad, y en suelos de formación reciente, como los inceptisoles y los de origen aluvial (Munévar *et.al.*, 2004).

Las plantaciones de Palma Tica afectadas por el síndrome están ubicadas en suelos de inceptisoles de origen aluvial, por lo que no es de esperar una deficiencia natural del elemento. Sin embargo, Epstein (2001) menciona que el ácido silícico es absorbido por las raíces de muchas plantas a una tasa mayor que la tasa de disolución natural de las fuentes de Si del suelo; además, Kordörfer y Lepsch (2001) apuntan que el monocultivo intensivo de cultivares altamente productivos puede conducir a bajas concentraciones de Si disponible. La concentración de referencia del silicio en palma aceitera se estima en 2,26% y se considera una acumuladora de Si (Munévar *et.al.*, 2004). Si se considera que la palma aceitera tiene una demanda importante de Si y los suelos sostienen una segunda generación de monocultivo, es probable que exista una respuesta positiva a la aplicación del elemento.

OBJETIVO

Evaluar el efecto del aporte de silicio como enmienda en el desempeño de palmas de aceite en focos de flecha seca en una plantación comercial.

METODOLOGÍA

En la División de Quepos se seleccionaron dos lotes comerciales de palma aceitera con niveles de afección de flecha seca entre 30 y 60%, con niveles de recuperación entre 5 y 16%. Cada uno de los lotes seleccionados

está dividido en unidades de manejo agronómico de cerca de 1,1 hectáreas denominadas centros fruteros, los cuales fueron utilizados como unidades experimentales. Los dos lotes seleccionados presentaban un estado intermedio de afección de la enfermedad, por lo que todavía se podía esperar que un buen número de palmas presentaran síntomas de flecha seca. También el estado inicial de recuperación permitiría acelerar eventualmente la velocidad de recuperación de los síntomas de la enfermedad.

El experimento se implementó en agosto de 2004, cuando se aplicó una dosis de 1,7 kg de fuente/palma, tanto de kieserita como de sulfato de magnesio con silicio. Las fuentes se aplicaron alternadas por centro frutero. La Tabla 2 presenta las cantidades de los elementos Mg, azufre (S), y Si aplicadas en cada tratamiento.

Una vez aplicados los tratamientos se han realizado evaluaciones periódicas cada dos meses, que consisten en revisiones fitosanitarias palma a palma, anotando el número de palmas afectadas por flecha seca así como el número de palmas recuperadas en cada ciclo de revisión. Con esta información se calculó el porcentaje de plantas sanas, palmas con flecha seca común y palmas en estado de recuperación de flecha seca.

Con el número de casos de palmas sanas, enfermas y en recuperación, se calculó además un índice de recuperación vegetativa (IRV), el cual consiste en la razón del número de palmas diagnosticadas como

Tabla 2. Concentración de elementos de las fuentes y kg de elemento puro aplicados para una dosis de 1.7 kg/palma de kieserita y sulfato de magnesio con silicio

Fuente	Grado			kg/ha aplicados		
	Mg	S	Si	Mg	S	Si
Kieserita (MgSO ₄)	15%	20%	-	36	49	-
Sulfato de Mg agrícola (MgSO ₄ -SiO ₂)	15%	9,3%	12,2%	36	23	30

Tabla 1. Condición fitosanitaria inicial de los lotes 100 y 140.

Lote (Siembra)	Fecha	# parcelas (centros fruteros)	Área del experimento (ha)	Tratamiento	Sanas (SAN)	Flecha seca clásica (FSC)	Flecha seca en recuperación (FSR)
100 (1998)	Sep-04	35	38,45	Sulfato de Mg+Si	50%	42,8%	5,3%
		35	39,90	Kieserita	33%	53,7%	11,0%
140 (1995)	Jul-04	39	34,06	Sulfato de Mg+Si	52%	31,8%	14,8%
		39	32,02	Kieserita	49%	34,2%	15,9%

Fuente: Revisión fitosanitaria del Distrito Naranjo

recuperadas o en recuperación, entre la sumatoria del total de las palmas diagnosticadas en algún estado del complejo flecha seca. El IRV es un indicador de la evolución de la recuperación de la enfermedad.

Al analizar la distribución espacial del índice de recuperación vegetativa para el lote 140, se encontró una posible relación entre el tipo de drenaje y la incidencia de flecha seca acumulada, y la recuperación de esta enfermedad. Se consideró que el comportamiento de la enfermedad podría estar influenciado por las condiciones de drenaje imperantes en la zona donde se estableció el experimento. Con base en el mapa diagnóstico de drenaje para el Distrito de Naranjo², se clasificaron las repeticiones (centros fruteros), en tres categorías: buen drenaje (1), drenaje moderado (2) y drenaje imperfecto (3). Una vez clasificadas las repeticiones con base en los parámetros anteriores, se realizó un análisis estadístico (Andeva), incorporando la variable drenaje como covariable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia, se analizó el porcentaje de palmas sanas iniciales y finales en cada tratamiento, para obtener la diferencia en la cantidad de palmas que se enfermaron en el período de evaluación.

Al utilizar estos valores en un Andeva, no se observó efecto positivo del silicio para la prevención de la enfermedad. Lo anterior podría sugerir que la utiliza-

ción de este elemento en forma preventiva a la enfermedad, en este caso, parece no tener mayor efecto. En otros cultivos la utilización del silicio activa los mecanismos de defensa por fitoalexinas de las plantas, lo cual contrarresta el ataque de patógenos (Fawe *et.al.*, 2001). Sin embargo, las condiciones fisiológicas generales del cultivo deben ser las idóneas; por ejemplo, no debe haber desequilibrios nutricionales ni estrés hídrico u otros tipos de estrés. En este caso, pareciera que la utilización preventiva del silicio en palma aceitera requiere de la mejora de alguno o varios de los condicionales anteriormente citados.

Se calculó el IRV para cada parcela y cada fecha de evaluación, en ambos lotes. Se comparó la pendiente de la evolución del IRV en las parcelas donde se aplicó kieserita vs las parcelas donde se aplicó sulfato de Mg con Si (Comparación de regresiones lineales, Statgraphics®). Para el lote 100, el valor del IRV inicial en ambos tratamientos fue el mismo (interceptos iguales), y a partir de la aplicación de los tratamientos las pendientes empezaron a separarse, aunque todavía no muestran diferencias significativas. Cabe señalar que en este lote la recuperación de la enfermedad estaba en etapas iniciales, por lo que el efecto de los tratamientos podría haberse demorado algunos meses más.

En el caso del lote 140, el intercepto inicial y la pendiente de la ecuación han sido estadísticamente diferentes entre tratamientos. Esto sugiere que aun-

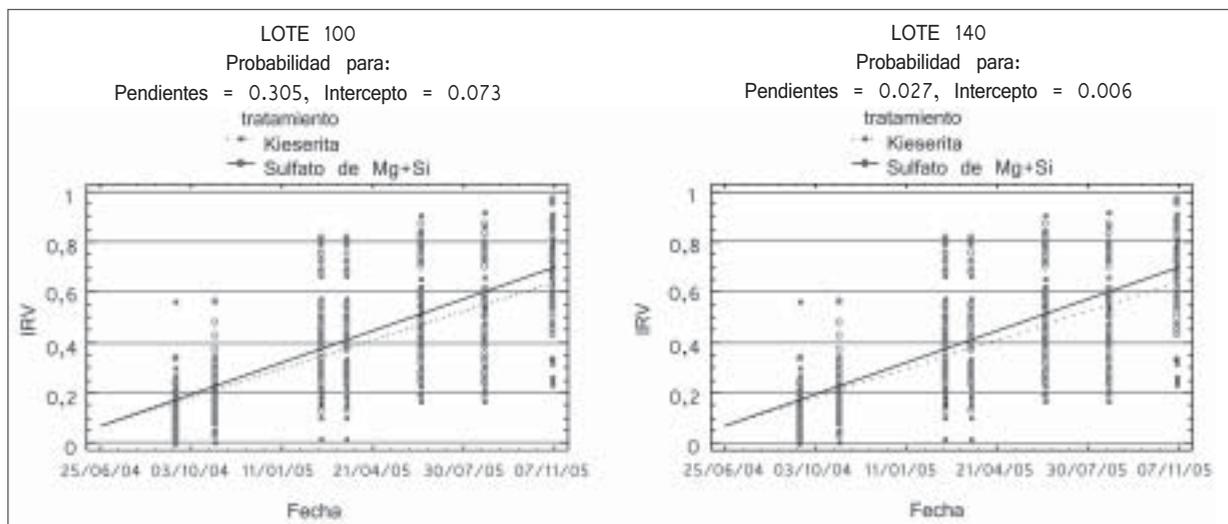


Figura 1. Evolución del índice de recuperación vegetativa de flecha seca, lotes 100 y 140, Distrito Naranjo.

2. A. Rodríguez, J. Fernández, Proyecto Manejo Integrado de Aguas, 2005



que el tratamiento con Si comenzó con un IRV menor que el tratamiento testigo, la velocidad de recuperación se ha acele-

rado con la utilización de silicio como enmienda. Tanto así que las líneas se cruzaron en el tiempo. Un comportamiento similar se observó para el caso del lote 100, donde el valor de la pendiente de la línea de regresión del tratamiento con silicio es mayor, es decir, las palmas con síntomas de flecha seca se recuperan más rápidamente en las parcelas que recibieron silicio como enmienda.

El análisis de regresión lineal del IRV ofrece el comportamiento de los tratamientos en el tiempo en función de los datos iniciales y la evolución de cada tratamiento en particular. De otro lado, en términos absolutos, el análisis del cambio del IRV (DIRV) entre la fecha inicial y la final ofrece el peso de cada tratamiento un período determinado, en este caso de un año. En este sentido, tanto en el caso del lote 140, como en el Lote 100, el Andeva del DIRV ofreció una alta diferencia estadística a favor de la utilización de silicio como enmienda ($P= 0.000$ y $P= 0.0017$, respectivamente). La utilización de una enmienda con silicio parece potenciar la recuperación de las palmas afectadas por flecha seca, aún cuando la recuperación venía ocurriendo, el silicio aceleró el proceso (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de recuperación vegetativa inicial, final y el cambio para cada tratamiento, luego de un año de la aplicación de los fertilizantes. Comparación de medias según Tukey $\alpha=0.05$.

Lote	Tratamiento	IRV inicial	IRV final	D IRV	Probabilidad
140	Kieserita ($MgSO_4$)	0,49	0,68	0,18	0,0000
	Sulfato de Mg agrícola ($MgSO_4-SiO_2$)	0,31	0,66	0,35	
100	Kieserita ($MgSO_4$)	0,15	0,41	0,26	0,0017
	Sulfato de Mg agrícola ($MgSO_4-SiO_2$)	0,09	0,51	0,42	

Se contempló el posible efecto de las tres condiciones de drenaje dominantes en el área experimental; no se encontró ninguna relación directa entre el tipo de drenaje y la tasa de recuperación de ambos tratamientos en cada categoría.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La utilización de silicio como enmienda aceleró la recuperación de palmas con síntomas de flecha seca.
2. La enmienda con silicio parece no impedir la incidencia de la enfermedad.
3. Se recomienda continuar con otras pruebas en áreas con incidencia temprana de la enfermedad.
4. Se sugiere estudiar el efecto de la aplicación de silicio sobre los diferentes grados de severidad de la enfermedad.
5. Se debe investigar el posible mecanismo de acción de este elemento, su solubilidad en el suelo y la absorción radical o foliar, y su movilidad dentro de la palma aceitera.

BIBLIOGRAFÍA

- Bennet, WF. 1993. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. In: *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. APS Press, Minnesota, 202p.
- Epstein, E. Silicon in plants: facts vs concepts. In: *Silicon in Agriculture*. Ed. L.E. Datnoff, G.H. Zinder, G.H. Korndörfer. Elsevier, Amsterdam. P.403.
- Fawe, A; Menzies, JG; Chérif, M; Bélanger, RR. 2001. Silicon and disease resistance in dicotyledons. In: *Silicon in Agriculture*. Ed. L.E. Datnoff, G.H. Zinder, G.H. Korndörfer. Elsevier, Amsterdam. p.403.
- Havlin, JL; Beaton, JD; Tisdale, SL; Nelson, WL. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers: An introduction to nutrient management*. Sixth edition, Prentice Hall, New Jersey. 499p.
- Kordörfer, GH; Lepsh, I. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: *Silicon in Agriculture*. Ed. L.E. Datnoff, G.H. Zinder, G.H. Korndörfer. Elsevier, Amsterdam. P.403.
- Ma, JF; Miyake, Y; Tkahashi, E. 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: *Silicon in Agriculture*. Ed. L.E. Datnoff, G.H. Zinder, G.H. Korndörfer. Elsevier, Amsterdam. p.403.
- Marschner, H. 1997. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd Edition. Academic Press, Cambridge. 889p.
- Munévar, F; Romero, A; Cuéllar, M; Cristancho, A. 2004. Estudios preliminares sobre el silicio disponible en el suelo y las hojas en cultivos de palma aceitera. En: *XVI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo*. Cartagena de Indias, Colombia 26 septiembre al 1 de octubre. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. p.73.