

ARTÍCULO ORIGINAL

Daños por *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz en función de nitrógeno, potasio y silicio

Leónides Castellanos González^{1*}, Renato de Mello Prado^{II}, Gabriel Barbosa da Silva Júnior^{II}, Cid Naudi Silva Campos^{II}, Odair Fernández^{II}, Rouverson Pereira da Silva^{II}, Leandro Rosatto Moda^{II}, Reinaldo Alvarez Puente^{III}

^ICentro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible (CETAS), Universidad de Cienfuegos, Carretera de Rodas Km 4, Cienfuegos, Cuba. ^{II}Facultad de Ciências Agrárias y Veterinarias. UNESP, Jaboticabal, Brasil. ^{III}Facultad de Montaña. Universidad de Sancti Spíritus, Cuba.

RESUMEN: El objetivo del trabajo fue evaluar los daños que causa *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz dulce (*Zea mays* L.) en función de la interacción nitrógeno, potasio y silicio. La investigación se desarrolló en un invernadero en Jaboticabal, Brasil, en maíz cultivado en vasos con solución nutritiva aireada. Los tratamientos fueron concentraciones de nitrógeno (1, 10, 15 y 20 mmol.l⁻¹), potasio (1 y 12 mmol.l⁻¹) y silicio (0 y 2 mmol.l⁻¹) que se dispusieron en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 4 x 2 x 2 y tres repeticiones. A los 15 días se inocularon las larvas del primer instar del insecto en tres plantas por vaso y otras tres se dejaron sin inocular. Se determinaron el grado de ataque, la disminución de la masa verde de las plantas afectadas y el contenido y la acumulación de cada elemento en las plantas. La mayor absorción de silicio se obtuvo a una concentración intermedia de nitrógeno (11 mmol.l⁻¹) y frente a suficiente potasio (12 mmol.l⁻¹) que se reflejó en menores pérdidas de peso de hojas verdes de las plantas de maíz atacadas por las larvas de *S. frugiperda*.

Palabras clave: *Zea mays*, nutrientes, insecto, pérdidas, manejo de plagas.

Damage by *Spodoptera frugiperda* Smith on corn in function of nitrogen, potassium and silicon

ABSTRACT: The objective was to evaluate the damage caused by *Spodoptera frugiperda* Smith on corn (*Zea mays* L.) in function of the interaction between nitrogen, potassium and silicon. The investigation was carried out with corn cultivated in glass vessels with aerated nutrient solution in a green house in Jaboticabal, Brazil. The treatments were different concentrations of nitrogen (1, 10, 15 and 20 mmol.l⁻¹), potassium (1 and 12 mmol.l⁻¹), and silicon (0 and 2 mmol.l⁻¹). A completely randomized design with a factorial arrangement of 4 x 2 x 2 was used with three repetitions. Fifteen days after planting, three plants per pots were inoculated with one insect first instar larva, and three plants were left as control. The attack grade, the green mass decrease of the affected plants, and the content and accumulation of each element by the plants were determined. The highest absorption of silicon was obtained at an intermediate concentration of nitrogen (11 mmol.l⁻¹) and with enough potassium (12 mmol.l⁻¹), which was reflected by smaller losses of green leaf weight of the corn plants attacked by larvae of *S. frugiperda*.

Key words: *Zea mays*, nutrient, insect, lost, pest management.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el segundo grano que se produce en el mundo; los Estados Unidos y Brasil fueron los mayores exportadores en el año 2014 (1). Los elementos

nutricionales de mayor demanda del cultivo son el nitrógeno (N) y el potasio (K) (2), por lo que son dos nutrientes limitantes de la planta en la que ocurren con frecuencia desequilibrios nutricionales, tanto por exceso como por defecto.

* Correspondencia: Leónides Castellanos González. Correo electrónico: lcastellanos@ucf.edu.cu.

Estos nutrientes son importantes para garantizar un adecuado metabolismo de los vegetales y están involucrados en la producción de compuestos estructurales que forman parte de las células de la cutícula, la epidermis foliar y en la producción de diferentes compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Además, se tiene el criterio que un desorden nutricional puede debilitar las estructuras foliares de los vegetales e inducir aumento en la concentración de compuestos orgánicos de bajo peso molecular que servirían de alimento para las plagas y disminuirían aún más la absorción de otros elementos químicos, como es el silicio (Si), que puede inducir mayor resistencia a las plagas en las plantas (3).

La ocurrencia de estos hechos podría explicar la mayor o menor incidencia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), especie polífaga de cultivos importantes en varios países de Latinoamérica (4).

Existen varias publicaciones que informan los beneficios del Si para el combate de plagas en diferentes cultivos como son la caña de azúcar (5), la papa (6), el tomate (7) y el pimiento (8). También existen investigaciones en el cultivo del maíz, relacionadas con *S. frugiperda* que evaluaron la interacción nitrógeno-potasio sobre los daños de este insecto, pero sin tener en cuenta el silicio (9).

Se ha comprobado que el incremento de la fertilización nitrogenada redujo el tenor de Si en arroz con consecuentes incrementos en los daños de las plagas (10). Por otra parte, los mayores daños de *S. frugiperda* en maíz se presentaron con deficiencia y exceso de N; además, un aumento de las dosis de K disminuyó los daños (9).

De lo anteriormente expuesto surge la hipótesis de que una nutrición nitrogenada sin defectos ni excesos, y un adecuado suministro de K podrá favorecer la absorción de Si y disminuir los daños de *S. frugiperda* en el cultivo del maíz, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los daños causados por *S. frugiperda* en maíz en función de la interacción nitrógeno, potasio y silicio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en un invernadero de la Universidad Estadual Paulista (UNESP) Campus Jaboticabal, Brasil, entre febrero y marzo de 2014. La siembra de maíz dulce, variedad Syngenta 41.234, se realizó en bandejas de isopor con 288 celdas, en substrato vermiculita. Las posturas se desarrollaron

en casa de vegetación, con condiciones de humedad controlada, hasta que presentaron cinco hojas (10 días a partir de la germinación). A partir de este momento, las plantas se cultivaron en solución nutritiva de Hoagland y Arnon (11) con las modificaciones de las fuentes descritas anteriormente y se trasplantaron a los vasos de polipropileno, con tapones de isopor perforados para fijar las plantas a los orificios presentes en las tapas de los vasos.

El experimento se condujo en un sistema de hidroponía en vasos con sistema de aireamiento continuo con agua desionizada. Los tratamientos se dispusieron en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 4 x 2 x 2 con tres repeticiones. Cada unidad experimental constó de un vaso de polipropileno con tapa (48 cm de largo x 16 cm de ancho x 17 cm de alto), con ocho litros de solución nutritiva y seis plantas de maíz dulce. La solución nutritiva de los vasos se cambió semanalmente y se reguló diariamente el valor del pH a $6,0 \pm 0,2$ con solución de hidróxido de sodio. Se realizó la lectura con la ayuda de un pH metro portátil. Se realizaron balances de las concentraciones de calcio entre los tratamientos para mantener uniforme este elemento, para lo cual se empleó cloruro de calcio.

Se emplearon cuatro concentraciones de nitrógeno: 1, 10, 15 y 20 mmol.l⁻¹ que corresponden a 10, 100, 150 y 200 % de la solución de Hoagland y Arnon (11), respectivamente, y se suministró el 25 % en forma amoniacal a partir de cloruro de amonio y el 75 % en forma nítrica a partir del nitrato de calcio; dos concentraciones de potasio (1 y 12 mmol.l⁻¹) correspondientes a 16 y 200% de la solución de Hoagland y Arnon (13) con el fosfato monobásico de potasio, y dos concentraciones de silicio (0 y 2 mmol.l⁻¹) con el silicato de calcio.

Cuando las plantas cumplieron 15 días de edad en la solución nutritiva se inocularon (tres de cada vaso) con una larva del primer instar de *S. frugiperda* y las tres restantes se mantuvieron sin inocular (testigos). Las larvas se obtuvieron en el Laboratorio de Entomología da UNESP Campus de Jaboticabal y se alimentaron de las plantas hasta que estas cumplieron 30 días.

En ese momento (30 días) se evaluó el grado de daño de cada planta, para lo cual se empleó la escala de 0 a 9 grados (12): **0** (planta sin daños); **1** (planta con puntuaciones en pocas hojas); **2** (planta con puntuaciones; hasta 3 lesiones circulares pequeñas que no excedan a 1,5 cm); **3** (planta hasta 5 lesiones circulares pequeñas; más 1 a 3 lesiones alargadas; (hasta

1,5 cm); **4** (planta con no más de 5 lesiones circulares pequeñas (hasta 1,5 cm); más 1 a 3 lesiones alargadas (entre 1,5 cm y 3,0 cm), más pequeños orificios (hasta 0,5 cm); **5** (planta con hasta 3 lesiones alargadas grandes (mayores que 3,0 cm) en hasta dos hojas; más de 1 a 5 orificios o lesiones alargadas (hasta 1,5 cm); **6** (planta con hasta 3 lesiones grandes en 2 o más hojas (mayores de 3,0 cm); más 1 a 3 orificios grandes en 2 o más hojas (mayores de 1,5 cm); **7** (planta hasta 5 lesiones alargadas grandes en dos o más hojas (mayores de 3,5 cm); más 3 a 5 orificios grandes en 2 o más hojas (mayores de 1,5 cm); **8** (planta con más de 5 lesiones alargadas de todos los tamaños en la mayoría de las hojas; más que 5 orificios grandes en muchas hojas (mayores 3,0 cm); **9** (planta con casi todas las hojas destruidas).

Posteriormente, se obtuvo con una balanza técnica el peso de la masa verde de la parte aérea (tallos y hojas) de las tres plantas inoculadas por vaso y de los tres testigos; se estimó por cada vaso la proporción de pérdida del peso (%) a causa de la alimentación de las larvas.

También se determinó la materia seca de cada vaso a partir de la recolecta de las raíces y de la parte aérea. El material recogido se colocó en bolsas de papel y se secó en un horno con circulación de aire forzado a 65°C durante 96 horas, periodo suficiente para la estabilización del peso del material vegetal. Después de secar, con una balanza analítica se obtuvo el peso seco por vaso de la parte aérea, de las raíces y del total.

Las muestras secas de la parte aérea se molieron en un molino Willey para proceder a la determinación de las concentraciones de nitrógeno, potasio (13) y de silicio (14). Sobre la base de la masa seca por vaso y la concentración de cada nutriente y del silicio, se calcularon el nitrógeno, el potasio y el silicio acumulados en la parte aérea de las plantas, expresados en mg por planta.

Los datos de acumulación de nitrógeno, potasio y silicio en la parte aérea de las plantas, así como el grado medio de ataque de *S. frugiperda* y la proporción de la disminución del área foliar se sometieron a un análisis de varianza, previa transformación de los datos en $2 \arcsen \sqrt{p}$. Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Se realizó un análisis de regresión polinómica para las variables acumulación de nitrógeno, potasio y silicio en la parte aérea de las plantas, grado de daños por *Spodoptera*

y pérdida en peso de follaje verde por unidad experimental, en función de las dosis de N como variable independiente. Se utilizó el programa estadístico Assistat versión 7.7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación de N en la parte aérea de las plantas de maíz se incrementó solamente por la concentración de N y Si en la solución nutritiva; esta no se afectó por la interacción de los fertilizantes en estudio (Tabla 1). Otros investigadores informaron sobre los incrementos de los acumulados de N con aumento de las dosis de N en maíz (15).

Se observó que el aumento de la concentración de Si amplió la acumulación de N (Tabla 1), hecho informado por otros investigadores (16) en plantas de *Brachisria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. cultivadas en vaso.

El acumulado de N en la parte aérea de la planta, en función de la concentración de N, se ajustó a un modelo cuadrático con un valor máximo de 304,4 g por planta a una concentración de 13,9 mmol.l⁻¹ (Fig. 1), o sea, que se incrementa desde un mínimo a la concentración más baja de N, logra un óptimo y después tiende a descender, lo cual se corresponde con otros resultados que informan aumentos de los acumulados de N en la parte aérea de las plantas de maíz con el aumento de las dosis de N (17).

El acumulado de potasio estuvo influenciado por la interacción doble de los tratamientos de los tres fertilizantes (Tabla 1). Esto concuerda con algunas investigaciones donde se informan que los incrementos del contenido de K se promueven por el Si (18).

Estos resultados tienen relación con los de otros investigadores (19) que informan un ajuste cuadrático de la concentración de K en las hojas de maíz en función del acumulado de N en la parte aérea de la planta, debido al incremento de las dosis N, lo que evidencia la asociación de la absorción de K con aumentos de N en este cultivo.

Se observa que el aumento de la concentración de K en la solución nutritiva promovió mayor acumulación de K, independientemente de la presencia de Si. Por otra parte, la presencia de silicio produjo incremento de potasio en la parte aérea a la dosis alta de potasio con relación a la ausencia de Si. Frente a la concentración de 1 mmol.l⁻¹ de K, la presencia de Si no promovió un incremento de K (Fig. 2).

TABLA 1. Efecto de las dosis de nitrógeno y de potasio en presencia o no de silicio sobre el acumulado de nitrógeno, potasio y silicio, el grado medio de ataque por *Spodoptera* y la disminución de peso del follaje de maíz en condiciones de hidroponía./ *Effect of nitrogen and potassium doses in the presence or absence of silicon on the accumulation of nitrogen, potassium and silicon in corn plants, the Spodoptera average grade of attack and the decrease of foliage weight under hydroponic conditions.*

Factores	Acumulado			Grado medio de ataque	Disminución del peso del follaje ^(a)
	N	K	Si		
Silicio (Si)	-----mg por planta-----				
0 mmol.l ⁻¹	225,7	665,0	22,4	5,1	0,83
2mmol.l ⁻¹	239,3	771,4	35,7	5,0	0,66
Potasio (K)					
1mmol.l ⁻¹	226,05	402,56	25,00	5,3	0,82
12 mmol.l ⁻¹	239,04	1033,82	33,03	4,9	0,67
	Valores de F				
Silicio	4,36 *	58,04 **	226,63 **	0,24 ns	21,19**
Potasio	3,97 ns	2045,09 **	81,91 **	2,48 ns	15,46 **
Nitrógeno	263,75 **	270,76 **	83,49 **	49,41 **	4,41 *
SixK	3,67 ns	13,14 **	0,54 ns	0,003 ns	2,33 ns
SixN	0,43 ns	7,21 **	14,95 **	0,53 ns	5,38 **
KxN	0,40 ns	163,31 **	9,52 **	0,20 ns	0,57 ns
CV (%)	15,2	7,8	10,6	17,5	17,2

** Significativo al nivel del 1% de probabilidad (P <0,01), * significativo nivel 5% de probabilidad (P <0,05), ns -no significativa (P ≥0,05). ^(a) 2 arcsen √p

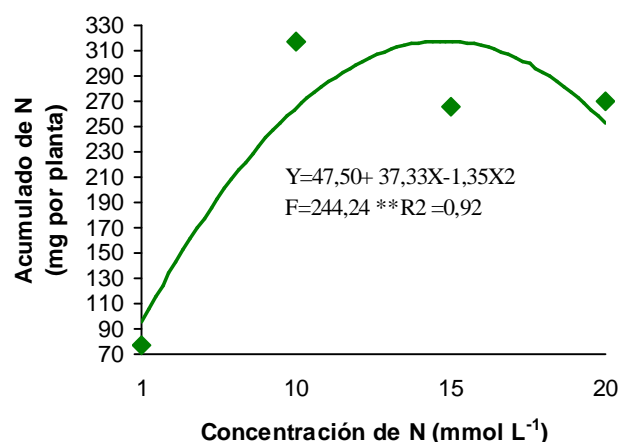


FIGURA 1. Acumulado de nitrógeno en la parte aérea de la planta de maíz en función de las concentraciones de N en la solución nutritiva./ *Nitrogen accumulated in the aerial part of the corn plant in function of the concentrations of N in the nutrient solution.*

Este efecto benéfico de Si en el aumento del K acumulado en las plantas de maíz cultivadas, frente a una alta concentración de potasio, se atribuye al aumento de la conductancia estomática que produce el Si (18), el cual participa activamente en el cierre y la apertura de los estomas (3), que promueve una mejor

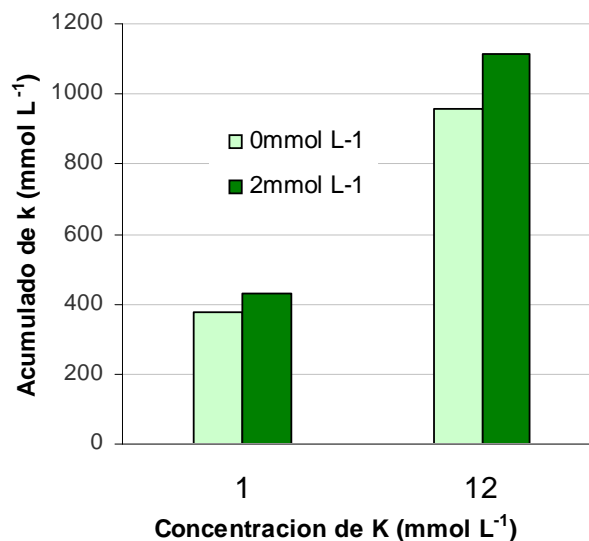


FIGURA 2. Acumulado de potasio en la parte aérea en función de la concentración de K y de la presencia o no de Si en la solución nutritiva./ *Potassium accumulated in the aerial part of the corn plant in function of the concentrations of K and the presence or with a factorial arrangement of of silicon in the nutrient solution.*

*Letras minúsculas comparan los acumulados de potasio para la presencia o no de silicio y las mayúsculas los acumulados de potasio para las concentraciones de K para P <0,05.

eficiencia del uso del agua, al inducir el aumento de la transpiración que, a su vez, puede provocar el aumento de la absorción de K (20).

El acumulado de K en función de la dosis de N se incrementó con valores bajos a la concentración más baja de N, se logra un óptimo y después cae a la concentración más alta de N, lo que determina un ajuste cuadrático con un máximo de 1 023 mg por planta a una concentración de 11,3 mmol.l⁻¹ de nitrógeno frente a una concentración de silicio de 2 mmol.l⁻¹, lo cual representó el 119 % del máximo acumulado obtenido frente 0,0 mmol.l⁻¹ de silicio, que alcanzó un valor de 859 mg planta⁻¹ a una concentración de 11,62 mmol.l⁻¹ de nitrógeno. La caída en el acumulado de K después del máximo, en la medida que se incrementó la concentración de N, se presentó para 0,0 y para 2 mmol.l⁻¹ (Fig. 3A).

El acumulado de potasio se incrementó también con un ajuste cuadrático en función de la concentración de nitrógeno, tanto frente a 1 como a 12 mmol.l⁻¹ de K. Se estimó un máximo de acumulado de K de 1420,8 mg.planta⁻¹ a una concentración de 11,6 mmol.l⁻¹ de N para la concentración más alta de K (12 mmol.l⁻¹), mientras que a la concentración más baja se obtuvo un máximo de 467,6 mg por planta a la concentración de N de 9,7mmol.l⁻¹ (Fig. 3B).

Se presenta también una caída del acumulado de K después del máximo en la medida que se incrementó la concentración de N, lo cual se corresponde con la caída del K frente al aumento de las dosis aplicadas de N y los correspondientes aumentos de los acumulados de N informados en plantas de maíz (19).

El acumulado de silicio estuvo determinado por la interacción de silicio y nitrógeno y la de potasio y nitrógeno (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con otro donde se encontró interacción del contenido de silicio con las combinaciones de las dosis de Si y N en la parte aérea de las plantas de arroz (10). No se hallaron informes en la literatura sobre la influencia de la interacción de N y K sobre el acumulado de Si en maíz.

El acumulado de silicio frente a las dos dosis de K presentó un aumento hasta un óptimo y después decayó en función de las concentraciones de N que se ajustaron a modelos cuadráticos. Para el acumulado de Si en la interacción nitrógeno potasio se estimó un máximo acumulado de 42,2 mg.planta⁻¹ a una concentración de 11,4 mmol.l⁻¹ de nitrógeno para 12 mmol.l⁻¹ de potasio, lo cual representó el 142 % del máximo acumulado obtenido para 1 mmol.l⁻¹ de potasio que alcanzó un valor de 29,8 mg por planta a una concentración de 14,7 mmol.l⁻¹ de nitrógeno (Fig. 4a).

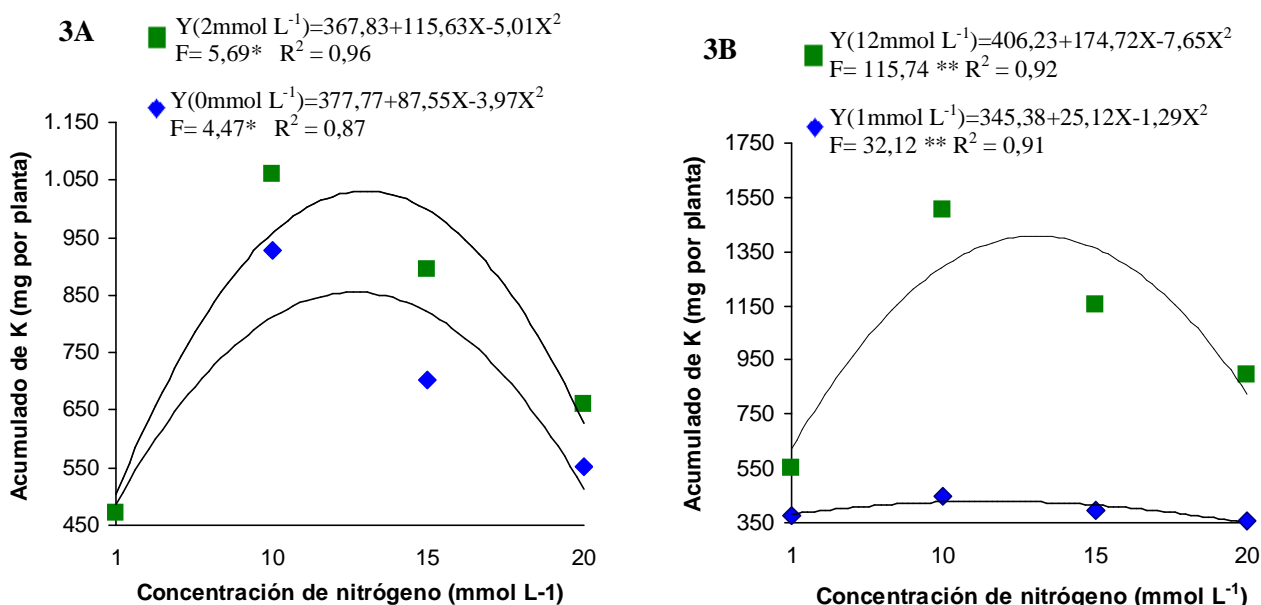


FIGURA 3. Acumulado de K en la parte aérea de la planta de maíz en función de las concentraciones de N y de silicio (3A) y de N y de K (3B) en la solución nutritiva./ *K accumulated in the aerial part of the corn plant in function of the N and silicon concentrations (3A) and of N and of K (3B) in the nutrient solution.*

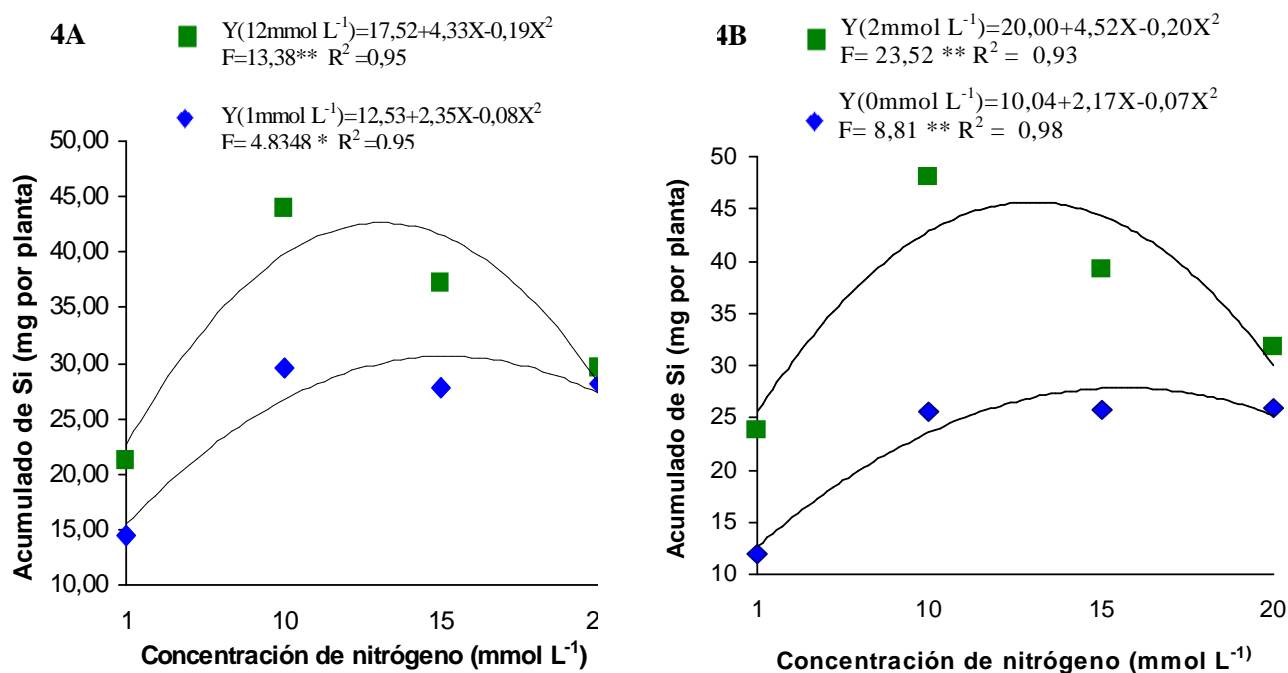


FIGURA 4. Acumulado de Si en la parte aérea de la planta de maíz en función de las concentraciones de N y de K (4A) y de N y de silicio (4B) en la solución nutritiva. / Si accumulated in the aerial part of the corn plant in function of the N and K concentrations (3A) and of N and of Si (3B) in the nutrient solution.

Para el acumulado de Si, en la interacción nitrógeno silicio, se estimó un máximo acumulado de 45,5 mg por planta a una concentración de 11,3 mmol.l⁻¹ de nitrógeno para 2 mmol.l⁻¹ de silicio y para 0 mmol.l⁻¹ de silicio, que alcanzó un valor de 26,9 mg por planta a una concentración de 15,5 mmol.l⁻¹ de nitrógeno (Fig. 4B).

El acumulado de silicio se vio afectado por las concentraciones altas de nitrógeno, tanto a concentraciones altas de Si como de K, mientras que a concentraciones bajas de K y Si, aunque hubo una disminución, pues el óptimo estuvo desplazado a una concentración de N próxima a 15,5 mmol.l⁻¹, lo que corrobora que la acumulación de Si en la planta se afecta con el desequilibrio nutricional que se produce con dosis altas de N, lo cual se corresponde con la disminución de las deposiciones de sílica en las hojas de las plantas de arroz a las dosis más altas de N señaladas en otras investigaciones (10).

El grado medio de ataque por *S. frugiperda* estuvo influenciado por las concentraciones de N, sin que se manifestara significación para la interacción de los tratamientos en estudio (Tabla 1).

Un aumento de la concentración de N en la solución nutritiva incrementó, con ajuste cuadrático, el grado promedio de daño por *S. frugiperda* con un grado promedio de daño máximo de 6,3 a una concentración de N de 16,5 mmol.l⁻¹; posteriormente, se observó una ligera disminución de los daños en la medida que aumenta la dosis de N (Fig. 5). Este efecto del N indica que la mayor afectación por la plaga se produce a niveles altos de nitrógeno en la planta, lo cual se corresponde con los resultados de otros investigadores (9).

Estos resultados se corresponden con otros estudios, pues se observó un alargamiento de la fase larval y pupal en la duración del ciclo de *S. frugiperda* a dosis bajas de N (21), mientras que, con el aumento de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva se aumenta la actividad fotosintética de la planta, se incrementan los niveles de este elemento, particularmente aminoácidos libres, que son fácilmente asimilables por algunas especies de insectos (3) y que pudieron favorecer los mayores daños observados por *S. frugiperda*.

Hubo una disminución de las pérdidas de follaje verde a la concentración más alta de K (Tabla 1), lo

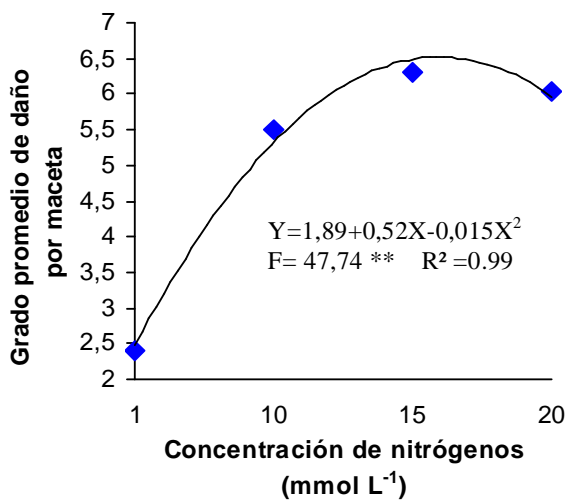


FIGURA 5. Grado promedio de daño por *Spodoptera frugiperda* Smith en función de las concentraciones de N en la solución nutritiva./ Average grade of damage by *Spodoptera frugiperda* Smith in function of the N concentrations in the nutrient solution.

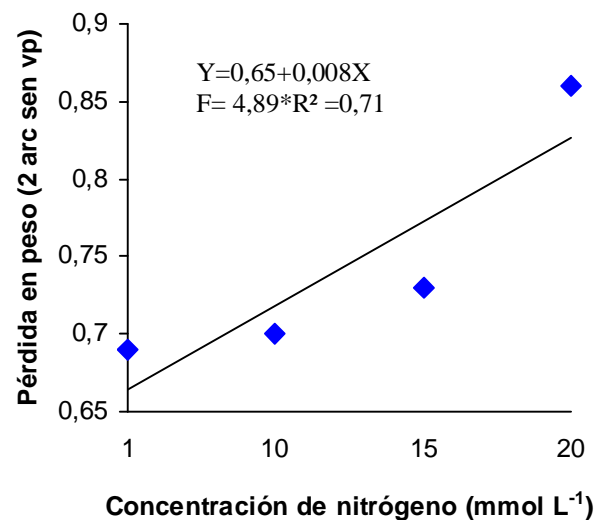


FIGURA 6. Pérdida en peso de follaje verde por *Spodoptera frugiperda* Smith en función de las concentraciones de N en la solución nutritiva./ Weight loss of green foliage by *Spodoptera frugiperda* Smith in function of the N concentrations in the nutrient solution.

cual ha sido planteado por otros investigadores (9). Esto se atribuye a la acumulación de compuestos fenólicos y sus derivados, considerados tóxicos para los insectos (22) y a un mayor contenido de compuestos orgánicos de alto peso molecular que no serían accesibles como alimento para las plagas (3).

El porcentaje de pérdida en peso de masa verde en la parte aérea de las plantas de maíz afectadas por las larvas de *S. frugiperda*, con respecto a las no afectadas, se incrementó paulatinamente en función de la concentración de N en la solución nutritiva y se ajustó a un modelo lineal (Fig. 6).

La proporción de pérdida en peso de masa verde (2 arcsen \sqrt{p}) en la parte aérea de las plantas de maíz afectadas por *S. frugiperda*, se ajustó a un modelo cuadrático en función de la concentración de N frente a 2,0 mmol.l⁻¹ de silicio en la solución nutritiva con los valores más bajos a las concentraciones de N entre 10 y 15 mmol.l⁻¹ y con un mínimo estimado a 9,0 mmol.l⁻¹, próximo al 100% de la solución de Hoagland y Annon (11) donde, según estos autores, existe un mejor balance de nutrientes para las plantas (Fig. 7). La proporción de pérdida en peso de masa verde no manifestó ajuste significativo a ningún modelo polinomial para 0 mmol l⁻¹ de silicio.

La menor acumulación de Si observada en las plantas de maíz a 1 mmol.l⁻¹ de N y las concentraciones altas de este nutriente se corresponden con los mayores daños del insecto, y explican por qué en otros resultados (9) se obtuvieron mayores niveles de daños de *S. frugiperda* a las dosis más bajas y altas de N.

Los presentes resultados se relacionan con los de otros investigadores (23), quienes verificaron que una mayor absorción de Si en la parte aérea de la caña de azúcar estaba asociada con una menor incidencia del borer (*Diatraea saccharalis* F.).

CONCLUSIONES

La mayor absorción de silicio se obtiene a una concentración intermedia de nitrógeno (11 mmol l⁻¹) y frente a suficiente potasio (12 mmol l⁻¹), lo que se refleja en menores pérdidas del peso de las hojas verdes en las plantas de maíz atacadas por larvas de *S. frugiperda*.

AGRADECIMIENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil) por la bolsa de profesor visitante del exterior concedida al primer autor.

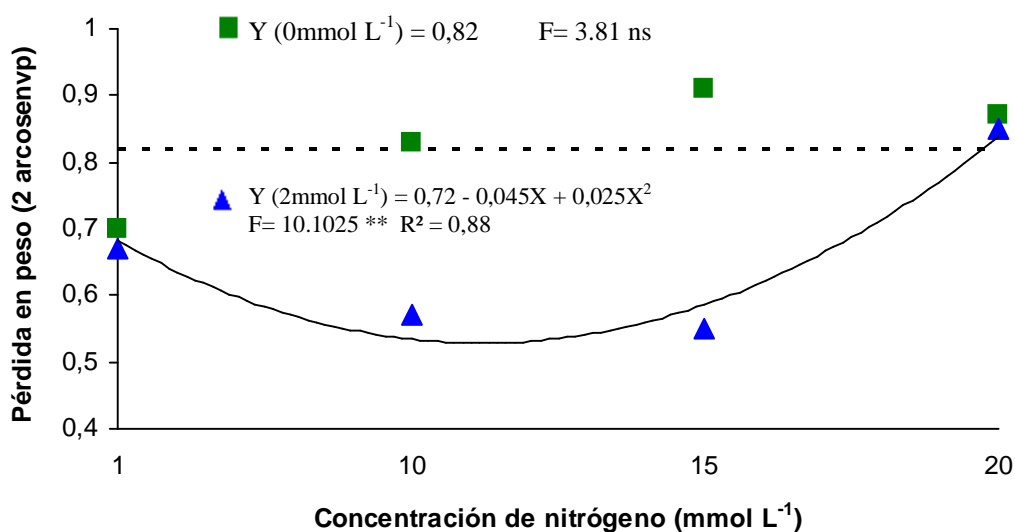


FIGURA 7. Pérdida em peso de follaje verde por *Spodoptera frugiperda* Smith em função de la interacción de la concentración de Si y N en la solución nutritiva./ *Weight loss of green foliage by Spodoptera frugiperda* Smith in function of the interaction between the concentration of N and Si in the nutrient solution.

REFERENCIAS

1. Anónimo. Indicaciones técnicas para el cultivo de maíz y de sorgo en Rio Grande del Sur en las zafas 2013/2014 y 2014/2015. EMBRAPA Clima Temperado, Brasilia.2013.
2. Sousa GG, Lacerda CF, Cavalcante LF, Guimarães FVA, Bezerra ME, Silva GL. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho irrigada com água salina. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2010;14(11):1143-1151.
3. Prado RM. Nitrogênio. In: Nutrição de plantas. Jaboticabal: Editora UNESP, Cap. 4. 2008. pp. 83-120.
4. Barros EM, Torres JB, Bueno AF. Oviposição, Desenvolvimento e Reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. Neotropical Entomology, Londrina. 2010;39(6):996-1001.
5. Camargo MS, Korndörfer GH, Foltran DE, Henrique CM, Rossetto R. Absorção de silício, produtividade e incidência de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana-de-açúcar. Bragantia. 2010;69(4):937-944.
6. Silva VF, Moraes JC, Melo BA. Influência de silício no desenvolvimento de batateiras e na ocorrência de insetos-praga. Ciênc agrotec Lavras. 2010;34(6):1465-1469.
7. Santos MC, Junquera AM, Mendes VG, Zanúncio JC, Bauch MA, Serrão JE. Efeito do silício em aspectos comportamentais e na história de vida de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS). 2012;2(1):76-88.
8. Mahmut D, Steven PA, Jianjun C, Lance O. Silicon Applications have minimal effects on *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) populations on pepper plant, *Capsicum annum* L. Florida Entomologist. 2013;96(1):48-54.
9. Sampaio HN, Barros FCM, Oliveira JV, Lima FS, Pedrosa MRE. Efeito de doses de nitrogênio e potássio nas injúrias provocadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. 2007;2(3):219-222.
10. Mauad M, Costa CA, Grassi Filho CH, Machado SR. Deposição de sílica e teor de nitrogênio e silício em arroz. Semina: Ciências Agrárias, Londrina. 2013;34(4):1653-1662.

11. Hoagland DR, Arnon DI. The water culture method for growing plant without soil. Berkeley. California Agricultural Experimental Station:1950. p 347.
12. Davis FM, Williams WP. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi. Mississippi State University. (Technical Bulletin 186). 1992, 9 p.
13. Bataglia OC, Furlani AMC, Teixeira JPF, Furlani PR, Gallo JR. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas. 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
14. Kraska JE, Breitenbeck GA. Simple, robust method for quantifying silicon in plant tissue. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2010;41(17):2075-2085.
15. Victória EL, Fernandes HC, Lacerda EG, Rosado TL. Acúmulo de nutrientes e matéria seca pelo milho em função do manejo do solo e da adubação nitrogenada. Engenharia na agricultura, Viçosa. 2012;20(2):104-111.
16. Fonseca IM, Prado RM, Vidal AA, Nogueira TAR. Efeito da escória, calcário e nitrogênio na absorção de silício e na produção do capim-marandu. Bragantia. 2009;68(1):221-232.
17. Gava GJC, Oliveira MW, Silva MA, Jerônimo EM, Cruz JCS, Trivelin PCO. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de ^{15}N -uréia. Semina: Ciências Agrárias, Londrina. 2010;31(4):851-862.
18. Farshidi M, Abdolzadeh A, Sadeghipour HR. Silicon nutrition alleviates physiological disorders imposed by salinity in hydroponically grown canola (*Brassica napus* L.) plants. Acta Physiologia e Plantarum, Heidelberg. 2012;34(5):1779-1788.
19. Goldman V, Echeverría HE, Andrade FH, Uhart S. Incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz. Ciencia del Suelo. 2002;20(1):27-35.
20. Mateos-Naranjo E, Andrades-Moreno L, Davy AJ. Silicon alleviates deleterious effects of high salinity on the halophytic grass *Spartina densiflora*. Plant Physiology and Biochemistry, Paris. 2013;63(1):115-121.
21. Carnevalli PC, Florcovski JL. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea mays* L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). Ecosistema, Espírito Santo do Pinhal. 1995; 20: 41-49.
22. van Raij B. Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato - POTAFOS. 1990. 45p.
23. Camargo MS, Korndörfer GH, Foltran DE. Absorção de silício e incidência de broca-do-colmo em duas soqueiras de variedades de cana-de-açúcar. Bioscience Journal Uberlandia. 2014;30(5):1304-1313.

Recibido: 2-2-2015.
Aceptado: 10-6-2015.