



## Fertiriego con silicio en variedades de rosa sobre la severidad de mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*)

Fertigation with silicon in rose varieties on severity of powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*)

Cesar Albornoz B<sup>1</sup>.; Amanda Silva P<sup>2</sup>.; Francisco Torres M<sup>3</sup>.

- <sup>1</sup> Docente Catedrático, I.A. M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. cealbuch\_52@hotmail.com
- <sup>2</sup> Docente Asistente, I.A. PhD. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. asilvap@unillanos.edu.co
- <sup>3</sup> Docente Asociado, I.A. PhD. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. franjatm@hotmail.com.

Citar: ALBORNOZ, C.; SILVA, A.; TORRES, F. 2016. Fertiriego con silicio en variedades de rosa sobre la severidad de mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*). Rev. Cienc. Agr. 33(2): 84 - 94. doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.55>.

Recibido: Noviembre 11 de 2015

Aceptado: Junio 27 2016

### RESUMEN

La investigación evaluó el Fertiriego con silicio en la severidad del mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) en tres variedades de rosa bajo invernadero. Se empleó un diseño de parcelas sub-subdividas; los tratamientos principales correspondieron a tres dosis de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) (DS): ( $\text{DS}_1=3\text{mgL}^{-1}$ ), ( $\text{DS}_2=6\text{mgL}^{-1}$ ) y ( $\text{DS}_3=9\text{mgL}^{-1}$ ); los sub-tratamientos a dos tipos de Fertiriego (L): ( $\text{L}_1=3\text{mmdía}^{-1}$ ), ( $\text{L}_2=5\text{mmdía}^{-1}$ ) y los sub-sub-tratamientos a tres variedades (V): ( $\text{V}_1 = \text{Vendela}$ ), ( $\text{V}_2 = \text{Reed Unique}$ ) y ( $\text{V}_3 = \text{Miracle}$ ). Se presentaron diferencias ( $p \leq 0,01$ ) por el efecto de la DS (dosis de silicio), L (láminas de fertiriego) y V (variedades); como también de la interacción  $\text{DS} \times \text{L}$  ( $p \leq 0,01$ ). Las aplicaciones de  $\text{DS}_3$  redujeron el porcentaje de severidad del hongo (20%) y las de  $\text{DS}_1$  fueron menos eficientes (230%). Se obtuvieron menores porcentajes de severidad del hongo con la aplicación de la lámina de agua de fertiriego  $\text{L}_1$  (130%) y más altos con la  $\text{L}_2$  (280%). Las variedades  $\text{V}_2$  y  $\text{V}_3$  fueron menos afectadas por el hongo (170 y 160%) y la  $\text{V}_1$  fue más susceptible (320%). La dosis  $\text{DS}_3$  y la lámina de fertiriego  $\text{L}_1$  actuaron conjuntamente sobre una menor reducción del grado de severidad del hongo (75%) ( $p \leq 0,05$ ). El comportamiento de las variedades Miracle y Reed Unique con una lámina de fertiriego de  $3\text{mmdía}^{-1}$  y dosis de  $9\text{mgL}^{-1}$  de Silicio, podrían ser claves para la disminución de la severidad de *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* en zonas productoras de flores de Colombia.

**Palabras claves:** Hongo, invernadero, nutrición, humedad relativa, temperatura.

## ABSTRACT

The research evaluated the Fertigation with silicon in the severity of the powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *Rosae*) in three varieties of rose under greenhouse. The experiment was a split-split plot design with silicon doses (DS) as the main-plot factor: (DS1 = 3mgL<sup>-1</sup>), (DS2 = 6mgL<sup>-1</sup>) and (DS3 = 9mgL<sup>-1</sup>); Fertigation (L) as the sub-plot factor: (L1 = 3 mm day<sup>-1</sup>), (L2 = 5 mm day<sup>-1</sup>) and rose varieties (V) as the sub-sub-plot factor: (V<sub>1</sub> = Vendela), (V2 = Reed Unique) and (V3 = Miracle). There were differences ( $p \leq 0.01$ ) due to the effect of SD (silicon dose), L (fertigation) and V (varieties); As well as the DS \* L interaction ( $p \leq 0.01$ ). DS3 applications reduced fungus severity (20%) while DS1 was less efficient (230%). Lower percentages of fungal severity were obtained with Fertigation L1 (130%) and while L2 had the higher (280%). Varieties V2 and V3 were less affected by fungus (170 and 160%) while V1 was more susceptible to it (320%). The DS3 dose and the L1 fertigation interaction reduced fungal severity (75%) ( $p \leq 0.05$ ). The behavior of the Miracle and Reed Unique rose varieties with a 3-mm.day<sup>-1</sup> fertigation and a silicon dose of 9mgL<sup>-1</sup> could be key to decreasing the severity of *Sphaerotheca pannosa* var. *Rosae* in flower growing areas of Colombia.

**Keywords:** Fungus, greenhouse, nutrition, relative humidity, temperature.

## INTRODUCCIÓN

Colombia es el segundo productor mundial de flores y posee más de 1.500 variedades identificadas. Este importante subsector de la economía genera más de 120 mil empleos directos, de los cuales, al menos el 25% es mano de obra femenina (Asocolflores, 2014).

El sector floricultor de Colombia en el 2014 registró ventas internacionales a 90 países, por un valor de US\$1.374 millones, consolidándose como el primer renglón de exportaciones agrícolas no tradicionales del país (Asocolflores, 2014).

Una de las enfermedades fúngicas que está afectando de manera considerable la producción de rosas es el mildew polvoso *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*. En los últimos años ésta enfermedad se ha convertido en uno de los principales problemas fitosanitarios de los cultivos de rosas bajo invernadero (Sanabria, 1996).

Los síntomas se pueden presentar en tallos, espinas, flores, pedicelos, sépalos, receptáculos y pétalos. En principio el mildew polvoso aparece

sobre las hojas jóvenes de las plantas a manera de zonas vejigosas ligeramente salientes que en poco tiempo se cubren con hifas polvorizadas y de un color blanco grisáceo, las cuales hacen que las hojas se deformen conforme se expanden (Álvarez, 2000).

En ocasiones el hongo ataca las yemas de la planta y las cubre con mildew blanco antes que puedan abrirse, o en algunos casos se abren inadecuadamente. La enfermedad avanza hasta los verticilos florales, los cuales se decoloran, atrofian y finalmente mueren (Agrios, 2005). Este microorganismo es estimulado por altas humedades relativas (97 a 99%) y temperaturas medias aproximadas de 15°C (Sanabria, 1996).

El fortalecimiento del hospedante mediante una nutrición adecuada con silicio es una práctica de fertilización común de manejo preventivo para que las plantas sean menos afectadas por los patógenos (Shetty *et al.*, 2012).

El silicio está presente en las plantas en cantidades equivalentes a nutrientes tales como el Ca, Mg y P (Graham y Webb, 1991). El Si junto con el N,

P, K, Ca, B y la relación N: K son importantes en el aumento de resistencia a enfermedades fúngicas (Malavolta, 2006). El silicio presente en tejidos maduros de las hojas y tallos genera una efectiva barrera para el ataque de patógenos y tiene un papel similar a la síntesis de polifenoles y ligninas en sitios de infección (Nieto, 1996).

El silicio es un nutriente importante en el aumento de tolerancia a enfermedades fúngicas en flores bajo invernaderos (Kamenidou *et al.*, 2008). Datnoff *et al.* (2006) demostraron que la aplicación de Si redujo significativamente la severidad de cenicilla del rosal (*Peronospora pannosa* Wallr. Fr. de Bary) hasta en un 57 % en rosas de maceta.

La diferencia en la capacidad de acumulación de Si entre diferentes variedades de plantas se atribuye principalmente a las diferentes habilidades de las raíces para absorber silicio (Si). Las raíces extraen ácido silícico y se han identificado y caracterizado transportadores en ellas que juegan un rol muy activo en la acumulación de Si (Quero, 2007), indicando que pueden existir diferencias con respecto a la tolerancia de enfermedades fúngicas dependiendo de la variedad (Agrios, 2005).

Algunos efectos potenciales del silicio en el cultivo de rosa son hojas más gruesas, fuertes, verde más brillante, mayor longitud de los tallos, mejoramiento de la resistencia natural a *S. pannosa* var. *rosae*, mancha negra y Botrytis (Graham y Webb, 1991).

El fertiriego es un término usado para describir el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto al agua de riego (Fascella *et al.*, 2010); se ha reportado un fuerte efecto del fertiriego sobre la humedad relativa interna del invernadero que podría estar influenciado directamente a *S. pannosa* (Gómez, 2002).

Según Falconi (2005), la presencia y desarrollo de *S. pannosa* es probable en variedades susceptibles

y períodos consecutivos de humedad relativa alta. El manejo de invernaderos con humedades relativas iguales o inferiores al 85% podrían reducir la esporulación del patógeno, condición que limitaría la presión de inóculo en el cultivo y la ocurrencia de ciclos sucesivos de la enfermedad.

Una estrategia para disminuir la severidad de mildew polvoso en rosas es el manejo del fertiriego con silicio (Shetty *et al.*, 2012) y el uso de variedades con resistencia (Gómez y Arbeláez, 2004), de tal manera que se puedan ofrecer materiales con una mejor respuesta al problema y fertiriego con dosis de silicio más eficientes contra la severidad del hongo *S. pannosa* var. *rosae*.

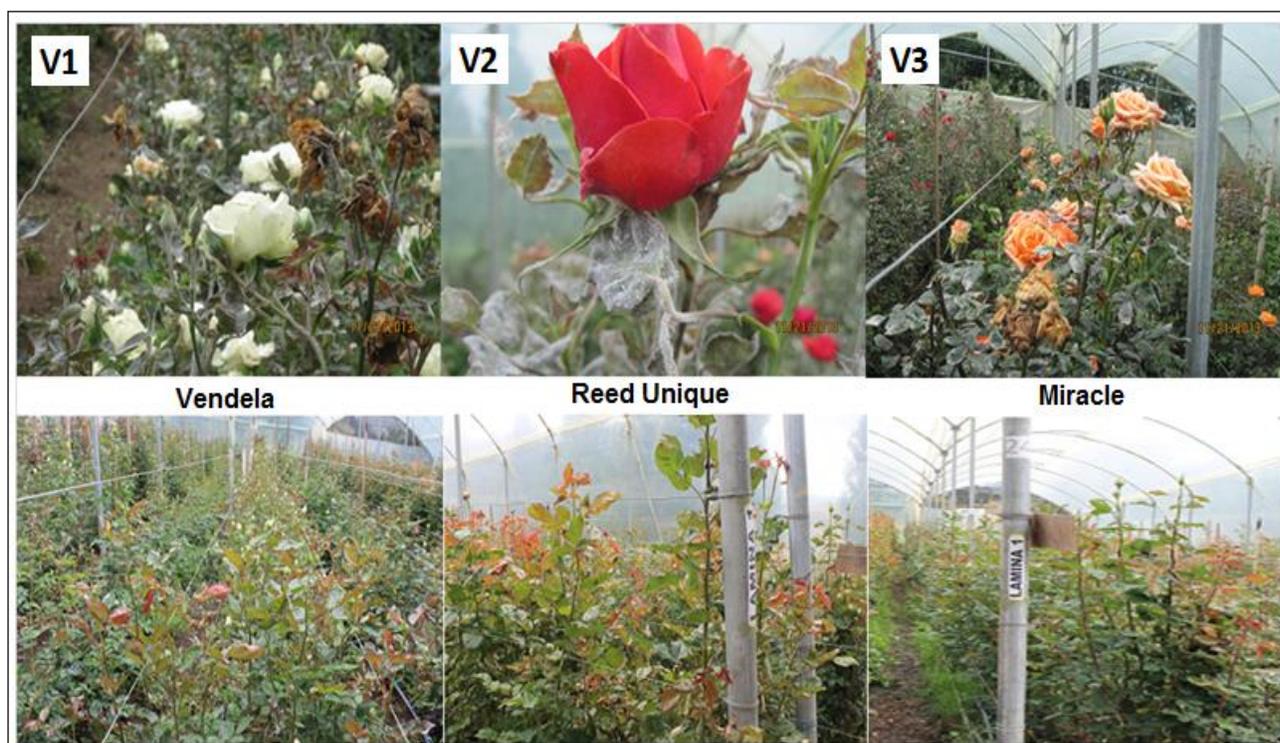
El objetivo de ésta investigación fue evaluar el grado de severidad del patógeno *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae* por efecto del fertiriego con silicio en las variedades de rosa Vendela, Reed Unique y Miracle con la finalidad de mejorar la calidad y producción de la flor en mercados especializados.

## MATERIALES Y METODOS

**Localización.** La presente investigación se realizó en el invernadero de rosas de la Granja Experimental Botana perteneciente a la Universidad de Nariño, la cual está ubicada en el Altiplano del Pasto, Nariño (Colombia), a 2.820 msnm, temperatura promedio de 12,6°C, 900 horas sol/año, precipitación pluvial de 820mm/año y humedad relativa del 79% (IDEAM, 2012). Presenta suelos del orden de los Andisoles clasificados como Typic dystrandep (IGAC, 1998). El análisis físico-químico del suelo indicó un pH de 6,2, materia orgánica de 7,52%, fósforo disponible de 30,1 mgkg<sup>-1</sup>, CIC de 23 cmolk<sup>-1</sup>, calcio, magnesio y potasio de 12,6, 5,1 y 0,8cmolk<sup>-1</sup>, respectivamente, densidad aparente 0,9gcc<sup>-1</sup>, textura franco arcillo arenosa FAra (IGAC, 2006).

**Área experimental.** Las variedades de rosas utilizadas se mantuvieron en parcelas separadas dispuestas en camas a doble surco, a 0,10m entre plantas y 0,20m entre surcos. Entre camas se dejaron 1,20m de distancia; cada cama con 0,80m de ancho por 30m de largo, alcanzando 10 plantas por m<sup>2</sup>, cada tratamiento estuvo constituido por 10 plantas y cada bloque por 180 plantas, para

un total de 900 plantas, el área de cada unidad experimental o tratamiento fue de 0,84m<sup>2</sup>. En el área útil de cada parcela se evaluaron 8 plantas descartando dos plantas, una en cada extremo con el fin de eliminar el efecto de bordes. La Figura 1, muestra la disposición de las distintas variedades evaluadas en cada una de las camas bajo invernadero.



V1= Vendela, V2=Red Unique, V3= Miracle

**Figura 1.** Variedades de rosas bajo invernadero seleccionadas en este estudio.

**Diseño experimental.** Se diseñó parcelas sub-subdivididas con los factores: dosis de silicio (tratamiento principal), láminas de fertiriego (Subtratamientos) y variedades (Sub-sub-tratamientos), siendo utilizadas 3 dosis de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) ( $\text{DS}_1$ :  $3\text{mgL}^{-1}$ ), ( $\text{DS}_2$ :  $6\text{mgL}^{-1}$ ), y ( $\text{DS}_3$ :  $9\text{mgL}^{-1}$ ); dos láminas de irrigación ( $\text{L}_1$ :  $3\text{mmdía}^{-1}$ ), ( $\text{L}_2$ :  $5\text{mmdía}^{-1}$ ) y 3 variedades ( $\text{V}_1$ : Vendela), ( $\text{V}_2$ : Reed Unique) y ( $\text{V}_3$ : Miracle), para un total de 18 tratamientos. Cada tratamiento estuvo constituido por 5 repeticiones, para un total de 90 unidades experimentales.

**Manejo del experimento.** El manejo del cultivo consistió en la instalación del fertiriego (manguera para riego con instalación de los micro goteros), separando las camas de acuerdo con la lámina aplicada. Para la aplicación de cada una de las dosis de silicio durante el fertiriego se dispuso de un tanque de 200 litros cada uno, dispuestos en las camas tanto para la  $\text{L}_1$  y la  $\text{L}_2$ .

Durante el fertiriego se hicieron las aplicaciones de los tratamientos de Si, el producto comercial utilizado contenía 2% de complejos de péptidos

con silicio soluble. Además a cada unidad experimental se le aplicaron otras fuentes solubles NPK,  $120\text{mgL}^{-1}$  de nitrato de amonio,  $30\text{mgL}^{-1}$  de sulfato de potasio,  $40\text{mgL}^{-1}$  de ácido fosfórico y menores como Klip boro  $0,5\text{mgkg}^{-1}$ , Klip Mn  $0,5\text{mgkg}^{-1}$ , Klip magnesio  $0,5\text{mgL}^{-1}$  y kelatex cobre  $0,1\text{mgL}^{-1}$ .

Las plantas al inicio del experimento fueron podadas a corte de mesa, para que existiera uniformidad en crecimiento, poda que permitió la formación de nuevos brotes de yemas; se realizaron otros tipos de podas, como fueron de higiene, formación y cosecha. El manejo del cultivo durante el experimento también incluyó desyerbas manuales sobre las camas de las variedades seleccionadas.

**Severidad.** Mediante observaciones diarias del estado de desarrollo predominante del follaje, las plantas se dividieron en tres estratos, uno o tercio bajo, donde predomina el follaje maduro; dos o tercio medio, con follaje intermedio, y tres o tercio superior, con follaje joven. Se calculó una media de los tres estratos. Para calificar la severidad de la enfermedad que se expresa como el porcentaje del área foliar afectada (AFA%) se siguió la escala propuesta por Sanabria (1996), así:

Cuando el porcentaje de área foliar afectada %AFA en la planta por la enfermedad sea de 0, 1 a 20%, 21 a 40%, 41 a 60%, 61 a 100% se establece un grado de calificación respectivo de la escala de 0, 0 a 1, 1 a 2, 2 a 3 y 3 a 4.

Los valores se transformaron a porcentaje de severidad mediante la ecuación de Townsend y Heuberger (1943), la cual es:

$$P = \frac{\sum(n * v)}{(N * i)} * 100$$

Donde:

P= porcentaje de daño

n= número de hojas por cada clase en la escala

v= grado respectivo de la escala

N= número total de hojas evaluadas

i= mayor grado de la escala.

Adicionalmente, este registro se complementó con datos de temperatura y humedad relativa interna del invernadero mediante termómetros e higrómetros digitales, mediciones que se realizaron a las 8 am, 12 am y 5 pm, obteniendo un registro medio diario. Se registró la humedad del suelo mediante tensiómetros de columna.

**Análisis estadístico.** Para evaluar el efecto de los tratamientos y las interacciones sobre la variable severidad se aplicó el Análisis de Varianza y se aplicó la prueba de F ( $p \leq 0,01$ ). Cuando se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, se realizaron comparaciones de medias de tratamientos aplicando la prueba de test de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Los resultados fueron analizados utilizando el programa Statical Analysis Systems (SAS) (SAS, Institute, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Porcentaje de severidad.** Según el análisis de varianza el porcentaje de severidad de *S. pannosa* se vio afectado por DS (dosis de silicio), L (láminas de fertiriego) y V (variedades) ( $p \leq 0,01$ ) (Tabla 1). Los porcentajes de severidad del hongo también se vieron afectados por la interacción DS\*L ( $p \leq 0,01$ ); mientras las interacciones DS\*V, L\*V y DS\*L\*V no presentaron diferencias sobre el porcentaje de severidad del hongo ( $p \leq 0,01$ ) (Tabla 1).

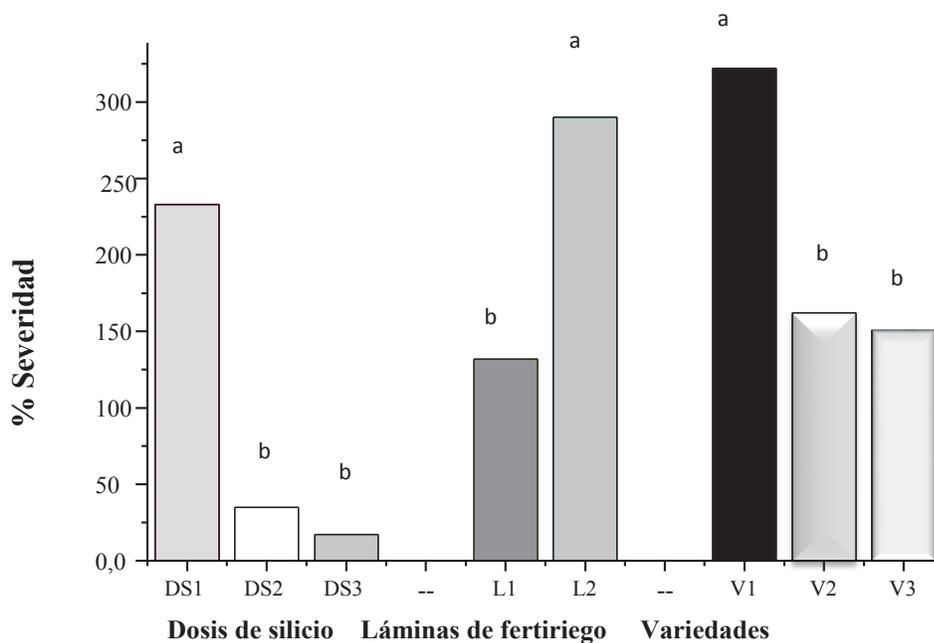
En la Figura 2 se observa que con la aplicación de la DS1 ( $3\text{mg} * \text{L}^{-1} \text{SiO}_2$ ) el porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. *rosae* es de 230%, mayor y diferente a la similitud encontrada entre la DS<sub>2</sub> y DS<sub>3</sub> ( $6\text{mgL}^{-1}$  y  $9\text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ) con un porcentaje de severidad de 30 y 20% ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 1.** Análisis de Varianza por efecto de dosis de silicio, láminas de fertiriego y variedades sobre la variable porcentaje de severidad de *Sphaerotheca pannosa* var. rosae.

Fuente de Variación	GL	SQ	QM	Fcalculado
Bloques	4			
Dosis de silicio (DS)	2	123,6	61,8	34,33**
Error (a)	8	14,6	1,8	
(Parcelas)	14	138,2		
Láminas de fertiriego (L)	1	541,7	541,7	115,25**
Interacción DS*L	2	144,9	72,4	15,40**
Error (b)	12	57,4	4,7	
(Subparcelas)	29	882,2		
Variedades (V)	2	552,2	276,1	3,14**
DS*V	4	111,2	27,8	0,31 <sup>ns</sup>
L*V	2	140,5	70,2	0,79 <sup>ns</sup>
DS*L*V	4	84,7	21,1	0,24 <sup>ns</sup>
Error (c)	48	4215,7	87,8	
Total	89			

\*\* Diferencias altamente significativas según la tabla de F ( $p \leq 0,01$ )

<sup>ns</sup> Diferencias no significativas según la tabla de F ( $p \leq 0,01$ )



Dosis de silicio ( $DS_1 = 3 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ,  $DS_2 = 6 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ,  $DS_3 = 9 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ); láminas de fertiriego ( $L_1 = 3 \text{mm dia}^{-1}$ ,  $L_2 = 5 \text{mm dia}^{-1}$ ); variedades ( $V_1 = \text{Vendela}$ ,  $V_2 = \text{Red Unique}$ ,  $V_3 = \text{Miracle}$ ).

**Figura 2.** Severidad de *S. pannosa* var. rosae por efecto de dosis de silicio, láminas de fertiriego y variedades de rosa. Medias de Tukey que presentan la misma letra no difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

Resultados comparables con los de Domínguez *et al.* (2016), con la aplicación de  $3\text{mgL}^{-1}$  de Si como inductor de resistencia encontraron valores más bajos (81,4%) y más altos (398,1%) del porcentaje de severidad del hongo *Peronospora pannosa* (cenicilla) en cultivo de rosa en dos épocas (febrero-abril y mayo-julio) y un tratamiento sin Si (testigo) variando entre 1.246,9 y 1.522,5% en su orden.

Más sin embargo, estos mismos autores demostraron que aplicaciones de Si en dosis de  $3\text{mgL}^{-1}$  redujeron significativamente la severidad de *P. pannosa* y fue estadísticamente igual con el fungicida acetato de dodemorf.

Mattson y Leatherwood, (2010) sugieren que altas dosificaciones de Si ( $100\text{mgkg}^{-1}$ ) predisponen a más altas concentraciones de Si en los tejidos de las plantas para obtener tolerancia a problemas del hongo; por otra parte Shetty *et al.* (2012) encontraron que en cuatro genotipos de rosa miniatura (99/9496-19, 95/5166-1, 98/8285-19 y Smart) sembradas bajo condiciones de invernadero, se redujo la severidad hasta en un 48,9% al suministrar Si en cantidades más altas de  $100\text{mgkg}^{-1}$  en el fertiriego.

Más sin embargo, dosis altas de Si de  $150\text{mgkg}^{-1}$  podrían tener notable reducción sobre la longitud y diámetro de tallos en rosa (Reezi *et al.* 2009).

Según Shetty *et al.* (2012), la eficacia del Si se debe a un incremento en la concentración de compuestos fenólicos antimicrobianos y flavonoides en la planta en respuesta a la infección; además, el Si tiene un efecto sinérgico en el aprovechamiento de nitrógeno y fósforo en suelos deficientes, mejorando la nutrición de la planta para proteger al cultivo contra hongos (Epstein, 1999).

Castillo *et al.* (2010) reportaron que la concentración de  $50\text{mgL}^{-1}$  de Si en solución nutritiva estuvo asociada a mayores valores de severidad del hongo en las variedades Charlotte y Malibú, con respecto a una solución estándar y en la medida en que el silicio aumentó a  $100\text{mgL}^{-1}$  y  $150\text{mgL}^{-1}$ , la severidad

se redujo superando al tratamiento con la solución estándar.

El silicio puede suprimir enfermedades en forma tan efectiva como un fungicida (Epstein y Bloom, 2005); la  $\text{DS}_2$  con el mismo efecto que la  $\text{DS}_3$  puede ser clave para la reducción de la cantidad de fertilizante.

Según Epstein y Bloom (2005), el mecanismo de acción del Si dentro de la planta una vez aplicado al suelo reacciona con el agua transformándose en ácido monosilícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ), a su vez, el ácido monosilícico acumulado se polimeriza en ácido polisilícico y luego se transforma en sílice amorfo, formando una membrana gruesa de celulosa. De esta forma, una doble capa cuticular protege y fortifica mecánicamente las plantas. El silicio también podría formar complejos con compuestos orgánicos en las paredes de las células de la epidermis, aumentando la resistencia a la degradación por las enzimas liberadas por los hongos.

El porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. *rosae* difirió entre las láminas de fertiriego  $L_1$  y la  $L_2$ , el cual es menor con la  $L_1$  ( $3\text{mm}^2$ ) de 130% que con la  $L_2$  ( $5\text{mm}^2$ ) con 280% ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 2).

A pesar del resultado obtenido este no fue consistente con lo dicho por Falconi (2005), quien menciona que la presencia de una lámina de fertiriego más alta en muchos casos permite que las esporas del hongo pierdan viabilidad y la severidad disminuya.

Más sin embargo, Shetty *et al.* (2012) mencionan que el mildew polvoso es más frecuente en hojas bajas, ya que éstas, generalmente, se encuentran más débiles nutricionalmente, y la humedad relativa en el estrato bajo es siempre más alta y esta relacionada a láminas de fertiriego mayores.

Horst y Cloyd (2007) describen que el Si puede disminuir el agua de fertiriego en un 30 a 40%, y de esta manera, ofrece ahorros significativos en el consumo de agua por la planta; las plantas suple-

mentadas con Si pueden mantener una mayor conductancia estomática, mayor contenido de agua y de potencial hídrico, formando una barrera protectora, y resistencia mecánica al ataque de enfermedades e insectos (Mattson y Leatherwood, 2010).

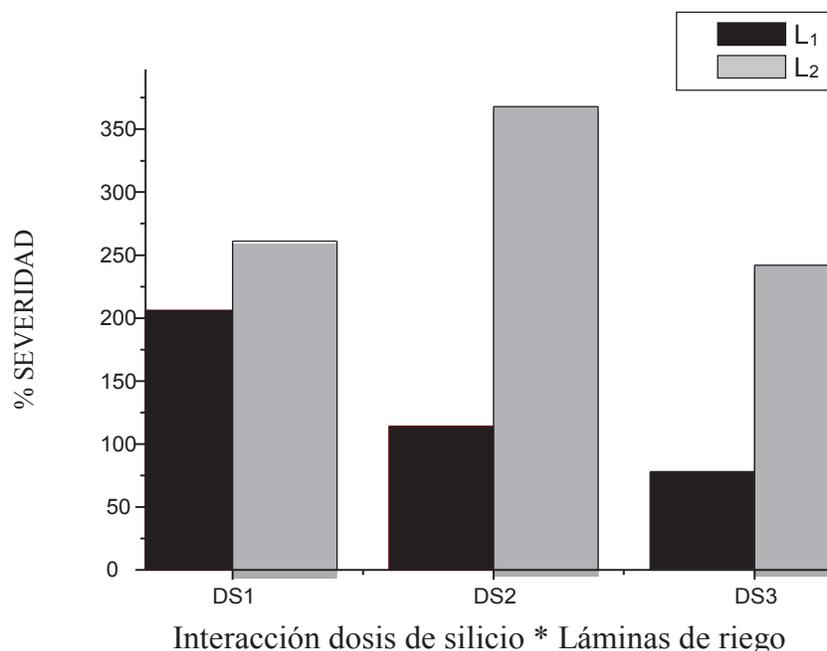
Respecto de la influencia de las variedades sobre el porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. rosae, se encontró una alta susceptibilidad de la  $V_1$  (Vendela) con un 320%, en relación con la similitud en la tolerancia encontrada entre la  $V_2$  y la  $V_3$  (Red Unique y Miracle) presentando 170 y 160% ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 2).

Horst y Cloyd (2007) mencionan diferentes niveles de tolerancia de variedades cultivadas de rosas al mildew polvoso causado por *S. pannosa*; las rosas rastreras, trepadoras e híbridos tea son generalmente muy susceptibles, mientras que las rosas Wichuraianas son más resistentes.

Según Castillo *et al.* (2010), las variedades de rosa Charlotte y Malibú fertilizadas con diferentes dosis de Si mostraron susceptibilidad en su reacción a la enfermedad de mildew veloso, sin diferencia significativa entre ellas, mientras que la variedad Classy presentó una tolerancia parcial.

El suministro de Si en una gran variedad de plantas, debido a características de tipo genéticas, puede influir en mayor o menor grado en la tolerancia parcial al estrés biótico o abiótico o incluso alterar la morfología de las mismas (Kamenidou *et al.*, 2008; Ma y Yamaji, 2006).

El porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. rosae mostro diferencias entre la  $DS_1 * L_1$  ( $3 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2 * 3 \text{mmdia}^{-1}$ ) con 205%, con la  $DS_2$  y  $DS_3 * L_1$  ( $6$  y  $9 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2 * 3 \text{mmdia}^{-1}$ ) que fueron iguales, con 110 y 75% ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 3).



Dosis de silicio ( $DS_1 = 3 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ,  $DS_2 = 6 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ,  $DS_3 = 9 \text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2$ ); láminas de fertiliego ( $L_1 = 3 \text{mmdia}^{-1}$ ,  $L_2 = 5 \text{mmdia}^{-1}$ ).

**Figura 3.** Porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. rosae por efecto de la interacción dosis de silicio y láminas de riego. Medias de Tukey que presentan la misma letra, no difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ ).

En la figura 4 (4a) se observa plantas con alta severidad de *S. pannosa* var. rosae debido a la interacción  $DS_1 * L_1$  y en la (4b) una baja severidad de la enfermedad debido a la influencia de la interacción  $DS_3 * L_1$ .

El porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. rosae se incrementó con la  $DS_2 * L_2$  ( $6\text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2 * 5 \text{mmdía}^{-1}$ ) en 370%; sin embargo, la  $DS_1$  y  $DS_3 * L_2$  ( $3$  y  $9\text{mgL}^{-1} \text{SiO}_2 * 5 \text{mmdía}^{-1}$ ) disminuyeron el porcentaje de severidad del hongo en 255 y 250% ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 3). Los porcentajes de severidad de *S. pannosa* var. rosae observados con la  $L_2$  ( $5\text{mmdía}^{-1}$ ) con todas las dosis de silicio fueron más elevados que con la  $L_1$  ( $3\text{mmdía}^{-1}$ ) (Figura 3).

Láminas de fertiriego altas predisponen a aumentos en la humedad relativa del invernadero y formación de películas de agua mayores sobre los tejidos de la planta, que asociadas a dosis bajas de Si afectan severamente al cultivo al ataque de *S. pannosa* var. rosae (Álvarez, 2000, Horst y Cloyd, 2007, Kamenidou *et al.*, 2008, Fascella *et al.*, 2010;).

El fertiriego puede producir cambios en el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero también puede incidir en la presencia de las enfermedades fúngicas, tanto en el inicio como en su desarrollo (Fascella *et al.*, 2010).

Los reportes de la FAO (1993) indican que el sector agrícola a nivel mundial utiliza gran cantidad de agua para el fertiriego de diferentes cultivo bajo invernadero; no obstante, un buen suministro de éste puede disminuir la severidad de diversos patógenos y eficientizar de alguna forma el consumo de agua por las plantas (Horst y Cloyd, 2007).

Los resultados permitieron evidenciar que la severidad de *S. pannosa* var. rosae estuvo directamente relacionada con la humedad relativa y la temperatura interna del invernadero, la  $L_1$  ( $3\text{mmdía}^{-1}$ ) coincidió con registros de humedad relativa entre 48,3 y 74,3% y la  $L_2$  ( $5\text{mmdía}^{-1}$ ) con una humedad relativa entre 72 y 86%, y la temperatura fluctuó en ambos casos entre 15,3 a 22°C.

La temperatura es el factor más importante para el desarrollo de *S. pannosa*. A una humedad relativa del 100% el hongo se desarrolla entre 5 y 35°C situándose la temperatura óptima entre 22 y 26 °C (Fascella *et al.*, 2010).

El efecto más importante de la humedad al parecer se centra sobre la germinación de las esporas de los hongos y sobre la penetración del tubo germinal en el hospedero (Horst y Cloyd, 2007).



**Figura 4.** Plantas de rosa bajo invernadero con alta y baja severidad de mildeo polvoso *S. pannosa* var. rosae.

La mayoría de hongos patógenos requieren de la presencia de humedad libre sobre su hospedero o de una alta humedad relativa en la atmósfera solo durante la germinación de las esporas (Agrios, 2005). Sin embargo, los mildesos requieren que en el medio ambiente exista por lo menos una alta humedad relativa durante todo su desarrollo (Horst y Cloyd, 2007).

### CONCLUSIONES

Las dosis más altas de silicio  $DS_2$  y  $DS_3$  (6 y  $9\text{mgL}^{-1}$   $\text{SiO}_2$ ) disminuyen el porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. *rosae*.

La lámina de fertiliego menor  $L_1$  ( $3\text{mmdia}^{-1}$ ) disminuye el porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. *rosae* con respecto a la lámina de fertiliego mayor  $L_2$  ( $5\text{mmdia}^{-1}$ ); constituyéndose también en una práctica agrícola que provoca una mayor economía de agua.

El porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. *rosae* es mayor con la  $V_1$  (Vendela) que con la  $V_2$  (Miracle) y la  $V_3$  (Reed Unique), pudiendo recomendarse indistintamente para zonas florícolas de Colombia.

La interacción de la  $DS_3 * L_1$  ( $9\text{mgL}^{-1}$   $\text{SiO}_2 * 3\text{mmdia}^{-1}$  de lámina de fertiliego) disminuye el porcentaje de severidad de *S. pannosa* var. *rosae*; la optimización de estos dos factores contribuye a la obtención de flor tipo exportación.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados VIPRI de la Universidad de Nariño, por la financiación de esta investigación.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. 2005. Fitopatología. Segunda Edición. Editorial Limusa, Eds Grupo Noriega, México. 838 p.

ALVAREZ E, 2000. Diversidad genética y patogénica de *Sphaeroteca pannosa*. Revista ASOCOLFLORES. 58:36 - 44.

ASOCOLFLORES. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE EXPORTADORES DE FLORES. 2014. Boletín estadístico. En: <http://www.asocolflores.org/comunicaciones/centro-de-documentacion/21>; consulta: enero, 2015.

CASTILLO, C.F.; ÁLVAREZ, E.; GÓMEZ, E.; LLANO, G.A.; CASTAÑO, J. 2010. Mejoramiento nutricional de la rosa para el manejo de *Peronospora sparsa* Berkeley, causante del mildiu vellosos. Rev. Acad. Colomb. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 34: 137 - 142.

DATNOFF, L.E.; NELL, T.A.; LEONARD, R.T.; RUTHERFORD, B.A. 2006. Effect of silicon on powdery mildew development on miniature potted rose. Phytopathology. 96:528.

DOMÍNGUEZ, D.; GARCÍA, R.; MORA, M.E.; SALGADO, M.L. 2016. Identificación y alternativas de manejo de la cenicilla del rosal. Revista Mexicana de Fitopatología. 34(1):22 - 42.

EPSTEIN, E. 1999. Silicon. Manual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 50 (1):641 - 664.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, 2nd Edition, Sinauer Associates, Inc., Sutherland, MA, 400 p.

FALCONI, C. 2005. *Oidium rosae*: biología, patología, control. En: Memorias VIII Congreso Técnico de Flores. Asocolflores. 49 p.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 1993. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma - Italia: Organización Mundial de la Agricultura. En: <http://www.fao.org/docrep/003/t0800s/t0800s04.htm#1.%20SITUACION%20AGRICOLA%20ACTUAL%20HECHOS%20Y%20CIFRAS>; consulta: enero, 2015.

FASCELLA, G.; AGNELLO, S.; MAGGIORE, P.; ZIZZO, G.; GUARINO, L. 2010. Effect of controlled irrigation methods using climatic parameters on yield and quality of hydroponic cut roses. Acta Horticulturae. 65 - 72 p.

- GÓMEZ, S. M. 2002. Influencia de la temperatura en la germinación de esporangios de *Peronospora sparsa*, en rosa. *Agronomía Colombiana*. 20:35 - 38.
- GOMEZ, S.; ARBELAEZ, G. 2004. Biología de *Peronospora sparsa* en rosa y su relación con el desarrollo de enfermedades en invernaderos comerciales. pp. 25 - 27. En: *Memorias XXIV Congreso ASCOLFI*. Armenia, Colombia.
- GRAHAM, R.; WEBB, M. 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: *Micronutrients in Agriculture*, 2nd ed., SSSA Book Series, No. 4. 329 - 370 p.
- HORST, R.; CLOYD, R. 2007. *Compendium of rose diseases and pests*. Second Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 96 p.
- IDEAM. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. 2012. Datos meteorológicos de la Estación Meteorológica de Botana. En: <http://www.ideam.gov.co/>; consulta: agosto, 2015.
- IGAC. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. 1998. Clasificación de suelos de Colombia. Bogotá. En: [www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/productos](http://www.igac.gov.co/wps/portal/igac/raiz/iniciohome/productos); consulta: agosto, 2015.
- IGAC. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. 2006. *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. Sexta edición. Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia. 674 p.
- KAMENIDOU, S.; CAVINS, T.J.; MAREK, S. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. *HortScience*. 43:236 - 239.
- MA, J.F.; YAMAJI, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*. 11:392 - 397.
- MALAVOLTA, E. 2006. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres. 638 p.
- MATTSON, N.; LEATHERWOOD, W. 2010. Potassium silicate drenches increase leaf silicon content and affect morphological traits of several floriculture crops grown in a peat-based substrate. *Hort Science*. 45(1):43 - 47.
- NIETO, A. 1996. Nutrición y enfermedad en plantas, una base exploratoria. *Revista ACOPAFLORES*. 3 (6):39 - 43.
- QUERO, G. 2007. Funciones biológicas y respuestas fisiológicas en la nutrición vegetal con silicio. Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. Michoacán. México. 67 - 70 p.
- REEZI, S.; BABALAR, M.; KALANTARI, S. 2009. Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salt-stressed cut rose (*Rosa x hybrida* L.) 'Hot Lady'. *African Journal of Biotechnology*. 8:1502 - 1508.
- SANABRIA, R. 1996. Rubigan\*12EC y pipron\*SL, para controlar efectivamente el mildew polvoso de la rosa (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*). *Asocolflores*. 3(3):41 - 43 p.
- SAS INSTITUTE. 2001. *The SAS system for Windows*. Release version 6.12. SAS Inst., Cary, NC.
- SHETTY, R.; JENSEN, B.; SHETTY, N.; HANSEN, M.; HANSEN, C.; STARKEY, K.; JØRGENSEN, H. 2012. Silicon induced resistance against powdery mildew of roses caused by *Podosphaera pannosa*. *Plant Pathology*. 61:120-131. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02493.x>
- TOWNSEND, G.; HEUBERGER, J.W. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide treatments. *Plant Diseases* rept. 27:340 - 343.