

Calidad fisiológica de semillas de berenjena, Morrón y tomate tratadas con tiametoxam, un producto bioactivador

Meneghello Géri Eduardo¹, Almeida da Silva Andréia¹, Deuner Cristiane¹, Soares Nogueira Vanessa², Tunes Madruga Lilian¹

¹Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Campus Capão do Leão s/n, 96001970 Pelotas, Brasil.

²CAPES Foundation, Ministry of Education of Brazil, Brasília, Distrito Federal, Brazil. Postdoctoral fellowship Project number 88881.030458/2013-01.

Correio eletrônico: vnsoares@gmail.com

Recibido: 27/7/15 Aceptado: 24/11/15

Resumen

Considerando la escasa información referente al efecto del bioactivador tiametoxam y los potenciales beneficios que este compuesto puede proporcionar en producción de semillas, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del producto en el desempeño fisiológico de semillas de berenjena, Morrón y tomate. Semillas de tres lotes de cada una de las especies fueron tratadas con seis dosis crecientes de tiametoxam (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1,0 mL del producto por cada mil semillas) y sometidas a germinación, primer conteo de germinación, test de frío, test de envejecimiento acelerado, longitud total de las plántulas y emergencia de plántulas en invernadero. El bioactivador tuvo efecto positivo sobre los parámetros analizados, estimulando el desarrollo fisiológico de las semillas, con intensidades variables de acuerdo con el lote. En berenjena, el aumento medio porcentual de la germinación en el primer conteo tuvo un incremento de aproximadamente 11 %, en Morrón de 13 % y para los lotes de tomate aproximadamente de 17 %. La dosis de 0,6 mL cada mil semillas resultó ser la más efectiva para aumentar el vigor de las semillas de las tres especies.

Palabras clave: *Solanum melongena*, *Capsicum annum*, *Solanum lycopersicum*

Summary

Physiological Quality of Seeds of Eggplant, Pepper and Tomato Treated with Tiamethoxam, a Bioactivator Product

Considering the limited information on the effects of the bioactivator thiamethoxam and the potential benefits that this compound may provide in seed production, the aim of this study was to evaluate the influence of thiamethoxam in the physiological performance of the seeds of eggplant, sweet pepper and tomato. Seeds of three lots of each species were treated with six increasing doses of thiamethoxam (0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8 and 1.0 mL of product per 1000 seeds) and submitted to the standard germination test, first count of germination, cold test, accelerated aging test, total length of seedlings, and seedling emergence under glasshouse. The bioactivator had a positive effect on the analysed parameters, stimulating the physiological development of seeds, with varying intensities according to the lot. The average percentage of germination in the first count showed an increase of approximately 11 % for seed lots of eggplant, 13 % for sweet pepper, and 17 % for tomato seed lots. The dose of 0.6 mL per thousand seeds proved to be the most effective to increase the vigour of the seeds of the three species.

Key words: *Solanum melongena*, *Capsicum annum*, *Solanum lycopersicum*

Introducción

Para abastecer mercados internos y externos, en Brasil está en aumento la industrialización de hortalizas. A fin de que la agroindustria disponga de las materias primas necesarias, surgió un tipo peculiar de investigación sobre el cultivo extensivo de hortalizas que tiene por objetivo obtener un considerable volumen de producción (Filgueira, 2008).

El éxito de la horticultura generalmente depende de una emergencia adecuada para cada cultivo. En caso contrario pueden ocurrir reducciones en la cantidad y variaciones en la calidad del producto final (Silva y Vieira, 2006).

La producción de berenjena, morrón y tomate en Brasil puede hacerse al aire libre o en cultivo protegido, de acuerdo a la finalidad del cultivo. La propagación de tomate se realiza a través de trasplante de plántulas o por siembra directa, mientras que para berenjena y morrón el trasplante de plántulas es la forma más común de propagación utilizada por los agricultores (Filgueira, 2003). Los productores de tomate, morrón y berenjena pueden comprar plántulas o producirlos ellos mismos.

Las semillas son estructuras biológicas complejas que enfrentan riesgos durante su dispersión. En el sistema de producción de plántulas en camas al aire libre, comúnmente llamado almácigo o semillero, las semillas están expuestas a variadas amenazas a su sobrevivencia y establecimiento durante la fase de plántula, en función de las adversidades naturales del ambiente o aquellas provocadas por las acciones de los agentes bióticos. La semilla es el insumo más importante para el éxito la agricultura. En el caso de las hortalizas, la mayoría de las semillas ha reducido su tamaño y su contenido de reservas, por lo que las condiciones para la germinación de las mismas deben ser optimizadas con el fin de garantizar un buen nivel de emergencia y producción de plántulas vigorosas (Soares *et al.*, 2013).

Para aumentar la expresión del conjunto de características que determinan el potencial de rendimiento de una semilla después de la siembra o durante el almacenamiento se ha utilizado el tratamiento de las semillas, práctica de mucha importancia por su facilidad para la ejecución, bajo costo y eficiencia sobre varios aspectos (Nascimento, 2009).

Los insecticidas y fungicidas normalmente se evalúan por la eficiencia del control de plagas y enfermedades. Algunos de ellos pueden provocar efectos todavía poco conocidos, capaces de modificar el metabolismo y la morfología vegetal. En la literatura se encuentran trabajos con insecticidas demostrando alteraciones fisiológicas y morfológicas en las plantas (Almeida *et al.*, 2009, 2011; Calafiori y Barbieri, 2001;

Freitas *et al.*, 2001; Lauxen *et al.*, 2010; Tavares *et al.*, 2007).

Los controladores hormonales han obtenido cada vez más atención en la agricultura a medida que las técnicas del cultivo evolucionan, principalmente en los cultivos de alto valor. Entre ellas podemos diferenciar: biorreguladores, bioestimulantes y bioactivadores (Castro, 2006). Los biorreguladores, como las auxinas, son compuestos orgánicos no nutrientes, aplicados a la planta, que en bajas concentraciones promueven, inhiben o modifican procesos morfológicos y fisiológicos del vegetal (Castro, 2001). Los bioestimulantes son mezclas de uno o más biorreguladores con otros compuestos de naturaleza química diferente, como sales minerales (Castro *et al.*, 2007). Los bioactivadores son sustancias orgánicas complejas modificadoras de crecimiento, capaces de actuar en la transcripción del ADN de la planta, expresión génica, proteínas de membrana, enzimas metabólicas, nutrición mineral (Castro, 2006).

El tiametoxam es un producto que, además de la función insecticida, tiene acción bioactivadora y es transportado dentro de las plantas a través de las células activando varias reacciones fisiológicas, como por ejemplo, la expresión de ciertas proteínas de la membrana celular (Castro y Pereira, 2008). Estas proteínas interactúan como mecanismos de defensa de la planta, aumentando su tolerancia a diversas condiciones adversas, como el estrés hídrico, bajo pH, alta salinidad en el suelo, radicales libres, estrés por temperaturas altas, efectos tóxicos de altos niveles de aluminio, heridas causadas por plagas, vientos, granizo, ataque de virus y deficiencia de nutrientes. Posee efecto fitotónico, esto es, un desarrollo más rápido del vegetal expresando mejor su vigor. En soja se observó un aumento de vigor, productividad, área foliar y crecimiento radicular, y uniformidad en la emergencia (Castro y Pereira, 2008).

Este bioactivador es capaz de contribuir a aumentar la productividad de caña de azúcar en hasta 12 % por hectárea, llegando al mercado como nueva tecnología en el momento en que la demanda por la caña de azúcar para biocombustibles es creciente (Castro *et al.*, 2007).

La acción del tiametoxam sobre la germinación, reduce el tiempo para el establecimiento del cultivo en el campo, disminuyendo los efectos negativos de la competencia con plantas dañinas por nutrientes esenciales presentes en el suelo (Cataneo, 2008). Una vez establecidas en el campo, las plantas están sujetas a diversas adversidades que pueden reducir su capacidad de expresar y alcanzar su potencial genético de productividad. De esta forma, plantas tratadas con tiametoxam son más tolerantes a factores de es-

trés, y consecuentemente, pueden desarrollarse más vigorosamente en condiciones no óptimas, permitiendo mejores condiciones de máxima productividad.

En este contexto, considerando la escasa información sobre el efecto del tiametoxam y los posibles beneficios que pueda proporcionar su uso, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de este bioactivador en la calidad fisiológica de semillas de berenjena, morrón y tomate.

Materiales y métodos

El trabajo fue llevado a cabo en el Laboratório Didático de Análise de Sementes Flávio Farias Rocha de la Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel de la Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas-RS, Brasil.

Se utilizaron tres lotes comerciales de semillas de berenjena, morrón y tomate de una misma variedad, sin tratamiento, las cuales se trataron con seis dosis crecientes de tiametoxam, siendo 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1 mL del producto por cada mil semillas. La disolución (producto + agua destilada) fue aplicada con el auxilio de una pipeta graduada, en el fondo de un saco plástico transparente y distribuidas por las paredes del saco hasta una altura de 15 cm. El volumen utilizado fue de 1 mL por mil semillas.

Los efectos de los diferentes tratamientos se evaluaron inmediatamente después del tratamiento mediante los siguientes parámetros:

Ensayo de germinación. Cuatro sub-muestras de 50 semillas por tratamiento, de cada lote y cada especie fueron distribuidas en cajas plásticas transparentes, sobre dos hojas de papel, humedecidos con 2,5 veces el peso del papel y colocadas en cámara con temperatura alterna de 20 a 30 °C. Los conteos fueron efectuados a los 7 y 14 días después de la siembra (DDS) y las evaluaciones, fueron efectuadas de acuerdo con los criterios establecidos por las Reglas de Análisis de Semillas (RAS) (Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 2009), calculándose el porcentaje de plántulas normales para cada repetición.

Primer conteo de germinación. Realizado simultáneamente con el ensayo de germinación, consistió en la evaluación de las plántulas normales registradas a los siete DDS, conforme a las RAS (Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 2009);

Test de frío. Fueron utilizadas cuatro sub-muestras de 50 semillas por tratamiento, para cada lote y cada especie, acondicionadas sobre dos hojas de papel, humedecido con 2,5 veces el peso del papel, en cajas plásticas transparentes y mantenidas en refrigerador con temperatura controlada a 10 °C, por siete días, realizándose posteriormente la prue-

ba de germinación estándar, según cada especie. Las evaluaciones fueron realizadas a través del conteo de plántulas normales, siendo los resultados expresados en porcentaje según las Reglas de Análisis de Semillas (Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 2009).

Test de envejecimiento acelerado. Fue conducido con 4,0 g de semillas por tratamiento para cada lote de cada especie. Las semillas fueron distribuidas sobre una tela metálica suspendida y colocadas en el interior de cajas plásticas, tipo gerbox (mini cámara). En el interior de las cajas se colocaron 40 mL de agua, luego las cajas se incubaron a temperatura constante de 41 °C, durante 72 horas y posteriormente fueron sometidas al ensayo de germinación, conforme lo descrito anteriormente. La evaluación se realizó a los siete DDS, calculándose el porcentaje de plántulas normales.

Longitud total de las plántulas. Se utilizaron ocho sub-muestras de 15 plántulas por tratamiento, para cada lote y cada especie. Las semillas fueron distribuidas en rollos de papel «germitest», humedecidas con agua destilada, en la proporción de 2,5 veces el peso seco del papel, y mantenidas en germinador con temperatura alterna de 29 y 30 °C. La longitud de las plántulas fue medida a los siete DDS y los resultados expresos en cm planta⁻¹.

Emergencia de plántulas en invernadero. Se evaluó con cuatro sub-muestras de 50 semillas por tratamiento, para cada lote y cada especie. Las semillas se distribuyeron en bandejas conteniendo sustrato comercial Plantimax®. Las bandejas se mantuvieron en invernadero y las evaluaciones se realizaron a los 14 DDS, registrándose las plantas de largo igual o superior a 2,0 cm. Los resultados se expresaron en porcentaje de plántulas germinadas.

El diseño experimental utilizado fue enteramente aleatorizado, con cuatro repeticiones por especie y tratamiento. Los datos se sometieron a análisis de varianza y se ajustaron por polinomios ortogonales, empleando la ecuación ajustada basada en el test F con una significancia del 5 % de probabilidad. Para el análisis estadístico se utilizó el «Sistema de Análisis Estadístico para Windows - WinStat» Versión 1.0.

Resultados y discusión

La germinación de las semillas de berenjena, morrón y tomate, en cada lote, está representada a través de las ecuaciones de análisis de regresión (Cuadro 1). Por las ecuaciones resultantes, se verificó que el tratamiento de las semillas con el bioactivador tiametoxam tuvo efecto positivo sobre la germinación, donde, de manera general, las

semillas de berenjena, morrón y tomate tuvieron su germinación mejorada hasta 11 puntos porcentuales entre las dosis de 0,4 y 0,6 mL del producto con base en mil semillas, en comparación a la dosis cero (Cuadro 1). Desde este punto, las curvas muestran una ligera tendencia decreciente, sin embargo, permanecen con valores medios encima del control para todos los lotes y especies en estu-

dio. En esta variable se observó que las dosis de máxima eficiencia (mL de tiametoxam por mil semillas) variaron entre lotes, obteniéndose para berenjena 0,64 en el lote 1; 0,56 en el lote 2 y 0,48 en el lote 3 (Cuadro 1). Para los lotes de morrón las la dosis de máxima eficiencia fueron 0,59 en el lote 1; 0,56 en el lote 2 y 0,71 en el lote 3 (Cuadro 1). En tomate, los valores fueron 0,53 en el lote 1; 0,41 en el lote 2 y 0,51 mL de tiametoxam por mil semillas en el lote 3 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Regresión de la dosis de tiametoxam con germinación, primer conteo y emergencia de las plántulas de berenjena, morrón y tomates.

Especie	Lote	Ecuación $Y = \pm ax^3 \pm bx^2 \pm cx \pm d$	P (b_{ix})	R ²	Dosis de máxima eficiencia	Y _E
Germinación (%)						
Berenjena	1	$4,629x^3 - 31,94x^2 + 35,25x + 84,03$	*	0,996	0,64	95
	2	$9^{e-12}x^3 - 17,85x^2 + 20x + 89,71$	*	0,896	0,56	95
	3	$5,787x^3 - 18,05x^2 + 13,26x + 94,75$	*	0,766	0,48	98
Morrón	1	$11,57x^3 - 41,46x^2 + 36,87x + 85,79$	*	0,980	0,59	95
	2	$4,629x^3 - 23,01x^2 + 21,32x + 91,88$	*	0,961	0,56	97
	3	$-2,314x^3 - 11,70x^2 + 20,05x + 90,12$	*	0,984	0,71	98
Tomate	1	$9,259x^3 - 28,17x^2 + 21,93x + 88,92$	*	0,990	0,53	94
	2	$45,13x^3 - 98,51x^2 + 58,25x + 84,95$	*	0,983	0,41	95
	3	$2,314x^3 - 24,00x^2 + 22,80x + 89,87$	*	0,965	0,51	96
Primer conteo de germinación (%)						
Berenjena	1	$23,14x^3 - 66,86x^2 + 55,54x + 78,30$	*	0,978	0,61	93
	2	$34,72x^3 - 83,33x^2 + 56,70x + 81,95$	*	0,993	0,49	94
	3	$38,19x^3 - 86,31x^2 + 56,09x + 84,97$	*	0,999	0,47	96
Morrón	1	$34,72x^3 - 85,11x^2 + 61,34x + 79,95$	*	0,997	0,54	94
	2	$27,77x^3 - 71,13x^2 + 50,25x + 85,11$	*	0,990	0,50	96
	3	$18,51x^3 - 57,24x^2 + 49,75x + 83,05$	*	0,998	0,62	96
Tomate	1	$97,22x^3 - 194,9x^2 + 113,6x + 73,31$	*	0,991	0,43	94
	2	$96,06x^3 - 195,4x^2 + 112,2x + 75,37$	*	0,985	0,41	95
	3	$84,49x^3 - 167,3x^2 + 95,92x + 77,22$	*	0,989	0,42	94
Emergencia (%)						
Berenjena	1	$19,67x^3 - 67,46x^2 + 59,72x + 78,13$	*	0,997	0,60	94
	2	$25,46x^3 - 63,19x^2 + 42,81x + 84,96$	*	0,992	0,48	94
	3	$21,99x^3 - 51,29x^2 + 35,21x + 87,93$	*	0,979	0,51	95
Morrón	1	$31,25x^3 - 75,89x^2 + 53,57x + 82,00$	*	0,996	0,52	94
	2	$47,45x^3 - 101,0x^2 + 62,48x + 84,25$	*	0,975	0,46	96
	3	$46,29x^3 - 100,6x^2 + 67,33x + 80,53$	*	0,953	0,52	95
Tomate	1	$103,0x^3 - 214,7x^2 + 129,4x + 70,63$	*	0,965	0,44	95
	2	$106,4x^3 - 217,7x^2 + 133,1x + 72,51$	*	0,984	0,46	98
	3	$97,22x^3 - 206,5x^2 + 128,1x + 74,66$	*	0,972	0,46	99

*Significativo al nivel del 5 % de probabilidad de error.

Analizando las ecuaciones se puede observar que el porcentaje de germinación del lote 1 es el más bajo de los tres lotes. Esto demuestra que los lotes de viabilidad media de semillas responden satisfactoriamente al producto. Respuestas semejantes también fueron observadas por Almeida *et al.* (2009) en semillas de zanahoria, por Tavares *et al.* (2008) en semillas de soja, y Almeida *et al.* (2011) en semillas de arroz, donde constataron que el tiametoxam acelera la germinación.

Para los resultados del primer conteo de germinación (Cuadro 1) se pudo observar un comportamiento cuadrático en todos los lotes de las tres especies en estudio, en función de las dosis iniciales del tiametoxam. Las curvas presentan una tendencia ascendente en las dosis iniciales del bioactivador, así como en el ensayo de germinación, llegando a un punto máximo dependiente del lote y de la especie. Sin embargo, en dosis más elevadas, encima de 0,6 mL del producto, hubo tendencia a la reducción. De esta manera, se presentó una curva con comportamiento cúbico.

Analizando los porcentajes de ganancias medias de la germinación en el primer conteo en función a la aplicación del tiametoxam, para los lotes de berenjena hubo un incremento de aproximadamente 11 %, para morrón de 13 % y para los lotes de tomate ese aumento fue de aproximadamente 17 % (Cuadro 1). La causa más probable de que las semillas tratadas con tiametoxam tuvieran su germinación aumentada es que este producto estimula la actividad de las enzimas glucose-6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH), guaiacol peroxidase (GPX) y α -amilasa, como han señalado Acevedo *et al.* (2008), por presentar uniformidad en la emergencia y mejorar el desarrollo inicial, como fue observado en semillas de soja por Castro y Pereira (2008).

En el Cuadro 1 se puede observar que la emergencia de plántulas en invernaderos fue superior en las semillas tratadas con tiametoxam, comparadas con el tratamiento control (ausencia de producto) para las tres especies en estudio. La emergencia de plántulas de berenjena, morrón y tomate fue aproximadamente un 10 %, 12 % y 14 % superior en los tratamientos con 0,6 mL de tiametoxam en comparación al control, respectivamente (Cuadro 1). Las dosis máximas (mL de tiametoxam por mil semillas) en este parámetro variaron de 0,60 en el lote 1; 0,48 en el lote 2 y 0,51 en el lote 3 para las semillas de berenjena. En las semillas de morrón la variación fue de 0,52 en los lotes 1 y 3 y de 0,46 en el lote 2. En los lotes de tomate fue de 0,44 en el lote 1 y de 0,46 en los lotes 2 y 3.

Otros factores verificados generalmente en el proceso de germinación de semillas fue la presencia de plántulas

anormales. El tratamiento de las semillas con bioactivador aumentó el potencial de plantas normales en el test de frío conforme aumentaron las dosis de tiametoxam, habiendo una variación del comportamiento y curvas de tendencias semejantes para los lotes de berenjena, morrón y tomate (Cuadro 2). Las dosis máximas (mL de tiametoxam por mil semillas) en este parámetro variaron de la siguiente forma: para berenjena se obtuvo 0,62 en el lote 1; 0,49 en el lote 2 y 0,47 en el lote 3 (Cuadro 2). Para morrón los valores máximos fueron 0,52 en los lotes 1 y 3 y 0,46 en el lote 2. En los lotes de tomate los valores observados fueron 0,40 para los lotes 1 y 2 y de 0,64 para el lote 3 (Cuadro 2).

Así como en las evaluaciones anteriores, se pudo observar que a partir de la dosis cero la curva tuvo una tendencia ascendente, llegando a un punto máximo para las dosis que varía entre 0,4 y 0,6 mL del producto por mil semillas, de acuerdo con el lote y la especie. Lo mismo se observó en los parámetros de germinación y primer conteo de germinación. La expresión del vigor con el aumento de las dosis ocurre, probablemente, porque el tiametoxam se mueve a través de las células de la planta, conforme fue constatado en semillas de soja (Tavares *et al.*, 2008), actuando en varias reacciones fisiológicas como la activación de proteínas funcionales relacionadas con los mecanismos de defensa de la planta contra factores de estrés, como el estrés hídrico, temperaturas altas y efectos tóxicos, entre otros, aumentando el área foliar y radicular y consecuentemente contribuyendo al mejoramiento de la productividad del cultivo.

Las evaluaciones del vigor de las semillas a través del test de envejecimiento acelerado también se caracterizaron por una tendencia cúbica con relación a las dosis de tiametoxam (Cuadro 2). Vale resaltar que el lote 1, en las tres especies estudiadas, presentó una curva con concavidad más acentuada en relación a los demás lotes, con variaciones más evidentes en los valores de germinación para este ensayo. Se produjo un aumento positivo entre los tratamientos, que llegó a 14 puntos porcentuales para lote 1, 10 para lote 2 y 15 para lote 3, entre las dosis cero y 0,6 mL de producto por mil semillas en las tres especies.

Para la longitud total de las plántulas (Cuadro 2), el modelo que mejor se ajustó para todos los lotes y especies también fue el cúbico, siendo que el punto máximo de las curvas de regresión expresó en media para las dosis de 0,4 a 0,8 mL de producto de 1000 semillas, dependiendo del cultivo.

En los lotes de berenjena (Cuadro 2), la dosis de 0,6 mL del producto permitió un aumento medio de hasta 7,2 cm en

Cuadro 2. Regresión de la dosis de tiametoxam con germinación, primer conteo y emergencia de las plántulas de berenjena, morrón y tomates.

Especie	Lote	Ecuación $Y = \pm a \pm bx \pm cx^2 \pm dx^3 (b_{ix})$	P	R ²	Dosis óptima	Y _E
Test de frío (%)						
Berenjena	1	$17,36x^3 - 55,95x^2 + 49,42x + 79,26$	*	0,979	0,62	93
	2	$34,72x^3 - 83,33x^2 + 56,70x + 81,95$	*	0,993	0,49	94
	3	$38,19x^3 - 86,31x^2 + 56,09x + 84,97$	*	0,999	0,47	96
Morrón	1	$34,72x^3 - 85,11x^2 + 61,34x + 79,95$	*	0,997	0,54	94
	2	$27,77x^3 - 71,13x^2 + 50,25x + 85,11$	*	0,990	0,50	96
	3	$18,51x^3 - 57,24x^2 + 49,75x + 83,05$	*	0,998	0,62	96
Tomate	1	$92,59x^3 - 186,2x^2 + 104,4x + 74,42$	*	0,977	0,40	92
	2	$118,0x^3 - 235,1x^2 + 130,8x + 71,52$	*	0,976	0,40	94
	3	$118,0x^3 - 236,0x^2 + 141,7x + 70,73$	*	0,972	0,46	97
Envejecimiento acelerado (%)						
Berenjena	1	$17,36x^3 - 55,95x^2 + 49,42x + 80,26$	*	0,979	0,62	94
	2	$23,14x^3 - 61,50x^2 + 44,47x + 84,87$	*	0,985	0,51	95
	3	$35,88x^3 - 67,65x^2 + 35,78x + 89,81$	*	0,958	0,38	96
Morrón	1	$23,14x^3 - 66,86x^2 + 52,68x + 80,73$	*	0,978	0,55	93
	2	$26,62x^3 - 73,41x^2 + 52,78x + 84,04$	*	0,999	0,49	95
	3	$48,61x^3 - 105,0x^2 + 68,35x + 81,26$	*	0,986	0,50	95
Tomate	1	$100,6x^3 - 203,2x^2 + 118,4x + 70,61$	*	0,967	0,43	92
	2	$99,53x^3 - 205,5x^2 + 120,9x + 71,54$	*	0,976	0,43	93
	3	$100,6x^3 - 203,2x^2 + 118,4x + 72,61$	*	0,967	0,43	94
Longitud de las plántulas (cm)						
Berenjena	1	$3,472x^3 - 17,35x^2 + 18,40x + 9,802$	*	0,989	0,66	15,39
	2	$44,32x^3 - 88,32x^2 + 49,73x + 9,268$	*	0,994	0,40	17,87
	3	$11,34x^3 - 37,28x^2 + 29,88x + 10,09$	*	0,990	0,53	17,14
Morrón	1	$39,12x^3 - 78,05x^2 + 43,78x + 8,225$	*	0,995	0,40	15,75
	2	$-2,546x^3 - 13,77x^2 + 19,30x + 8,925$	*	0,993	0,60	15,00
	3	$-2,314x^3 - 6,438x^2 + 12,28x + 8,762$	*	0,969	0,69	13,41
Tomate	1	$12,73x^3 - 32,04x^2 + 22,20x + 12,15$	*	0,935	0,49	16,83
	2	$20,83x^3 - 50,00x^2 + 34,16x + 10$	*	1	0,49	17,18
	3	$-9,259x^3 - 3,075x^2 + 17,17x + 11,15$	*	0,955	0,68	18,49

*Significativo al nivel del 5 % de probabilidad de error.

la longitud total de las plántulas comparando con los tratamientos sin la aplicación del producto. Para el morrón (Cuadro 2), esos aumentos medios fueron de 6,2 cm y para los lotes de tomate, 8,0 cm mayor en promedio para los mismos tratamientos (Cuadro 2).

El aumento en la longitud total de plántulas, en respuesta a la aplicación del bioactivador tiametoxam, puede ser explicado por la hipótesis de que este producto favorece la absorción de agua, mejora el equilibrio hídrico de la planta y

le permite tolerar mejor el déficit hídrico (Castro *et al.*, 2007). Conforme lo constatado en soja (Tavares *et al.*, 2008) y en zanahoria (Almeida *et al.*, 2009), el desarrollo de las raíces aumenta la absorción de nutrientes minerales, aumentando el área foliar y la expresión del vigor de las plantas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se observa que el tiametoxam estimula el funcionamiento fisiológico de semillas de berenjena, morrón y tomate, aumentando su germinación y vigor. De este modo, es posible obtener

plantas con mayor potencial de rendimiento, ya que poseen una mejor capacidad para enfrentar condiciones adversas. Esta respuesta es de sustancial importancia para los productores de semillas, porque incluso con el uso de productos con potencial para mejorar el rendimiento de semillas, no puede haber faltas de cuidado en los pasos de producción en campo y poscosecha.

Conclusiones

El producto tiametoxam estimula el desarrollo fisiológico de las semillas de berenjena, morrón y tomate, con intensidades variables de acuerdo con el lote.

Las dosis 0,6 mL del producto por cada mil semillas se muestran más eficientes en aumento del vigor de las semillas de las tres especies.

Bibliografía

- Acevedo JC, Zamora H, Clavijo J. 2008. Investigación bioquímica en Colombia. En: Clavijo J. [Ed.] Tiametoxam : Un nuevo concepto en vigor y productividad. Bogotá : Syngenta. pp. 93 - 122.
- Almeida AS, Carvalho I, Deuner C, Villela FA, Tillmann MAA. 2011 Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa*L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 33: 501 - 511.
- Almeida AS, Tillmann MAA, Villela FA, Pinho MS. 2009. Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de cenoura. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(3): 87 - 95.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 2009. Regras para análise de sementes [En línea]. Consultado 10 febrero 2015. Disponible en: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf.
- Calafiori MH, Barbieri AA. 2001. Effects of seed treatment with insecticide on the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean culture. *Ecossistema*, 26(1): 97 - 104.
- Castro PRC. 2006. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. Piracicaba : ESALQ. 46p. (Série Produtor Rural).
- Castro PRC. 2001. Biorreguladores em citros. *Laranja (Cordeirópolis)*, 22(2): 367 - 381.
- Castro PRC, Pereira MA. 2008. Bioativadores na agricultura. En: Gazzoni DL. [Ed.]. Tiametoxam : uma revolução na agricultura brasileira. Petrópolis : Vozes. pp. 118 - 126.
- Castro PRC, Pitelli AMCM, Peres LEP, Aramaki PH. 2007. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. *Publicatio UEPG*, 13: 25 - 29.
- Cataneo AC. 2008. Ação do Tiametoxam (Thiametoxam) sobre a germinação de sementes de soja (*Glicine max*L.) : Enzimas envolvidas na mobilização de reservas e na proteção contra situação de estresse (deficiência hídrica, salinidade e presença de alumínio). En: Gazzoni DL. [Ed.]. Tiametoxam : uma revolução na agricultura brasileira. Petrópolis : Vozes. pp. 123 - 192.
- Filgueira FAR. 2008. Novo manual de olericultura : agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa : UFV. 421p.
- Filgueira FAR. 2003. Solanáceas : agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Viçosa : UFV. 333p.
- Freitas DB, Bezerra EC, Teixeira NT. 2001. Aldicarb e Carbofuran e teores de nutrientes na parte aérea de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca 80. *Ecossistema*, 26 (1): 68 - 70.
- Lauxen LR, Villela FA, Soares RC. 2010. Desempenho fisiológico de sementes de algodão tratadas com tiametoxam. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(3): 61 - 68.
- Nascimento WM. 2009. Tecnologia de Sementes de Hortaliças. Brasília : EMBRAPA 432p.
- Silva JB, Viera RD. 2006. Avaliação do potencial fisiológica de sementes de beterraba. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(2): 128 - 134.
- Soares VN, Peil RMN, Duarte TS. 2013. Produção de mudas em recipientes e sistema protegido. En: Schuch LMO, Vieira JF, Rufino CA, Abreu Júnior JS. [Eds.]. Sementes : Produção, qualidade e inovações tecnológicas. Pelotas : Editora e Gráfica Universitária. pp. 459 - 482.
- Tavares S, Castro PRC, Ribeiro RV, Aramaki PH. 2008. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. En: Gazzoni DL. [Ed.]. Tiametoxam : uma revolução na agricultura brasileira. Petrópolis : Vozes. pp. 193 - 204.
- Tavares S, Castro PRC, Ribeiro RV, Aramaki PH. 2007. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. *Revista de Agricultura*, 82: 47 - 54.