

## Tratamiento químico combinado de semilla y su influencia en el crecimiento de plántulas de sorgo, maíz, soya y algodón

Combined chemical seed treatment and its influence on the growing of seedlings of sorghum, maize, soybean, and cotton

Arturo Díaz Franco<sup>1</sup>, Hipólito Castillo Tovar<sup>1</sup>, Flor Elena Ortiz Chairez<sup>1\*</sup>, Martín Espinosa Ramírez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Carr. Matamoros-Reynosa, km 61, Río Bravo, Tamaulipas, C.P. 88900, México. \*Correo electrónico: ortiz.flor@inifap.gob.mx

\*Autor de correspondencia

### Resumen

El tratamiento químico de semilla es un método alternativo enfocado en la protección y la sanidad de los cultivos, por lo que se considera una práctica eficiente. El objetivo del estudio fue evaluar, en etapa de plántula, el tratamiento de semilla a base de: *a*) insecticida-fungicida, thiametoxam, fludroxomil y metelaxil-M (Crusier-Maxx®); *b*) microelementos, Fe (47%) y Zn (62%) (Wolf Trax DDP®); *c*) combinación de *a* y *b*; y *d*) testigo. Los tratamientos se aplicaron en sorgo (*Sorghum bicolor*, Norteño), maíz (*Zea mays*, H-440), soya (*Glycine max*, Vernal) y algodón (*Gossypium hirsutum*, FM9250 Trans) en condiciones de riego; en temporal, se aplicaron sorgo y maíz con los mismos híbridos. Los tratamientos no mostraron influencia en la emergencia, densidad de población, clorofila, altura y biomasa de plántulas en los cuatro cultivos ni condición de humedad. La soya manifestó clorosis férrica y no se observó efecto con Fe + Zn. En las condiciones descritas, el tratamiento químico de la semilla no fue efectivo.

**Palabras clave:** Plántula; emergencia; clorosis férrica; biomasa.

### Abstract

The chemical seed treatment is an alternative method focused on the protection and health of crops, so it is considered as an efficient practice. The objective of the study was to evaluate, in seedling stage, the seed treatments: *a*) insecticide-fungicide, thiametoxam, fludroxomil and metelaxil-M (Crusier-Maxx®); *b*) microelements, Fe (47%) and Zn (62%) (Wolf Trax DDP®); *c*) combination of *a* and *b*; and *d*) control. Treatments were applied in sorghum (*Sorghum bicolor*, Norteño), maize (*Zea mays*, H-440), soybean (*Glycine max*, Vernal), and cotton (*Gossypium hirsutum*, FM9250 Trans) under irrigated conditions; in dryland, sorghum and maize were applied with the same hybrids. Treatments showed no influence on emergence, plant density, chlorophyll, height and biomass of seedlings in the four crops or moisture condition. Soybean exhibited iron chlorosis and no effect was observed with Fe + Zn. In the conditions described, the chemical seed treatment was not effective.

**Keywords:** Seedling; emergence; iron chlorosis; biomass.

Recibido: 13 de julio de 2017

Aceptado: 11 de diciembre de 2018

Publicado: 23 de agosto de 2019

**Como citar:** Díaz-Franco, A., Castillo-Tovar, H., Ortiz-Chairez, F. E., & Espinosa-Ramírez, M. (2019). Tratamiento químico combinado de semilla y su influencia en el crecimiento de plántulas de sorgo, maíz, soya y algodón. *Acta Universitaria* 29, e2026. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2019.2026>

## Introducción

Un buen manejo de los cultivos que logre adecuada población de plantas y un crecimiento inicial uniforme y vigoroso es importante para obtener cultivos exitosos. En las regiones agrícolas, los cultivos pueden presentar riesgos con problemas bióticos y abióticos durante la emergencia y el desarrollo en la fase de plántula. El tratamiento de semilla es uno de los métodos alternativos, atractivos y factibles, enfocados en la protección y la sanidad de los cultivos, por lo que se considera eficiente en la práctica (Díaz & Ortegón, 1998). Rushing (1994) indicó que muchos cultivos dependen del tratamiento combinado de fungicidas a la semilla para obtener una óptima productividad.

Por otro lado, la clorosis en los cultivos de sorgo y soya, principalmente, es un síntoma común que se observa desde el estado de plántula en regiones con suelos de elevada alcalinidad o calcáreos. Este síntoma se debe principalmente a la deficiencia de hierro (Fe) (Ozores-Hampton, 2013). Aunque la clorosis también puede ocurrir por deficiencia de zinc (Zn), sobre todo en suelos con altos niveles de fósforo (P) (Farooq, Wahid & Siddique, 2012), Manuwar, Ikram & Raza (2013) y Mohsin, Ahmad, Farooq & Ullah (2014) señalan que el tratamiento químico de semilla con Fe y Zn es un método eficiente que sustituye a las aplicaciones foliares de los microelementos.

El tratamiento químico se fundamenta en la adición de pequeñas cantidades de sustancias activas, plaguicidas o macronutrientes, necesarias para ofrecer protección a la plántula durante unos 40 días contra plagas y patógenos o para facilitar la absorción de microelementos en el crecimiento y nutrición de las plántulas. El periodo del efecto depende de una combinación de factores como es la formulación del producto y el modo de acción, la calidad del tratamiento, así como la calidad física y fisiológica de la semilla (Brzezinski *et al.*, 2015). Este manejo, además, ofrece una ventaja desde un punto de vista ambiental: se reduce significativamente el área tratada, comparado con otro tipo de prácticas como las aplicaciones foliares (Farooq *et al.*, 2012). Más aún, algunos estudios (Abati *et al.*, 2014; Balardin *et al.*, 2011; Conceição *et al.*, 2014) apuntan a que el tratamiento de la semilla con fungicidas e insecticidas, solos o combinados, promueve la emergencia de plántulas incluso en ausencia de factores bióticos.

Aunque el tratamiento químico de semilla debería estar dirigido hacia algún problema en particular, se ha convertido en una práctica que va acrecentándose en diferentes regiones agrícolas, aun sin la presencia de causas bióticas o abióticas adversas que pueden manifestarse en el estado de plántula. En el norte del estado de Tamaulipas el tratamiento de semilla se hace con diferentes productos comerciales, principalmente combinaciones de insecticidas y fungicidas, y representa un insumo común utilizado por los productores, al asumir efectividad en el establecimiento y crecimiento de plántulas, y sin considerar antecedentes de problemas bióticos o abióticos. Por lo anterior, es necesario esclarecer la efectividad mediante combinaciones de formulaciones comerciales para el tratamiento de semilla y que contribuya en la toma de decisiones para su implementación. El propósito del estudio fue evaluar la efectividad del tratamiento de semilla con Cruiser-Maxx® (insecticida-fungicida), combinado o no, con los microelementos Fe y Zn (Wolf Trax DDP®), en características de plántulas de los cultivos de sorgo (*Sorghum bicolor*), maíz (*Zea mays*), soya (*Glycine max*) y algodón (*Gossypium hirsutum*).

## Materiales y Métodos

### Localidades

Los experimentos se desarrollaron en dos localidades en el ciclo otoño-invierno 2014-2015, en condición de riego, en el Campo Experimental Río Bravo (Cerib), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (25°58'10.16" N, 98°00'39.99" O; 28 m s.n.m.), municipio de Río Bravo, Tamaulipas; y en condiciones de temporal o secano, en la localidad Rancho el Coyote (25°32'26.30" N, 98°13'57.22" O; 60 msnm) de Reynosa, Tamaulipas no existieron antecedentes de problemas bióticos en ambas localidades. Los tratamientos evaluados fueron: 1) semilla tratada con Cruiser-Maxx®, formulado a base de thiametoxam (200 mL/50 kg de semilla) + fludioxonil y metalaxil-M (100 mL/100 kg de semilla) (C-M); 2) combinación de Fe (47%) (500 g/100 kg de semilla) y Zn (62%) (200 g/20 kg de semilla), Wolf Trax DDP® (Fe + Zn); 3) 1 + 2 (C-M-Fe + Zn); y 4) testigo absoluto. Las dosis utilizadas fueron las indicadas por los fabricantes. El tratamiento de semillas se hizo un día antes de la siembra en bolsas de polietileno. Los productos se adicionaron a las bolsas y se agitaron vigorosamente para lograr una distribución homogénea en las semillas. En el Cerib se evaluaron los cultivos de sorgo (*Sorghum bicolor*, Norteño); maíz (*Zea mays*, H-440), sembrados el 11 de febrero; soya (*Glycine max*, Vernal), sembrados el 20 de febrero; y algodón (*Gossypium hirsutum*, FM9250 Trans), sembrado el 2 de marzo. En el Rancho el Coyote los cultivos fueron sorgo y maíz, sembrados el 18 de febrero y con los mismos híbridos.

### Manejo experimental

En cada una de las localidades los tratamientos se distribuyeron en bloques completos al azar con cuatro repeticiones con parcelas de cuatro surcos de 5 m (6 m para maíz) de longitud. El manejo de los cultivos fue en función a las indicaciones de los paquetes tecnológicos respectivos del Cerib (2012). Solamente en la soya, y para demostrar la presencia de clorosis férrica, a los 50 días después de la siembra (dds), con presencia de síntomas de clorosis, se hicieron tres aplicaciones de sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>) al 1.5% cada cinco días (Magallanes *et al.*, 2014). Las variables obtenidas en cada tratamiento y cultivo fueron emergencia, como el número de plántulas emergidas registradas en 1 m lineal dentro de los surcos centrales, y plántulas totales/finales a los 45 dds - 50 dds. En este último estado, y en plántulas tomadas aleatoriamente, se midió el índice de clorofila (Soil Plant Analytical Development [SPAD]) en las hojas superiores ( $n = 40$ ) con determinador portátil Minolta SPAD-502®, la biomasa foliar y radical fresca y seca ( $n = 24$ ), y altura de planta. Los datos se analizaron por separado, cultivo y localidad, mediante análisis de varianza, y la comparación de medias se hizo a través de la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En la localidad de temporal no existió una estación climatológica cercana referente; por el contrario, en la estación climatológica del Cerib se tomaron datos de precipitación y temperatura ambiente semanal durante el periodo de estudio.

## RESULTADOS

Los resultados de los análisis de varianza indicaron que la combinación del insecticida-fungicida Crusier-Maxx® y los microelementos Fe más Zn (Wolf Trax DDP®), en tratamiento a la semilla de sorgo, maíz, soya y algodón en riego, así como sorgo y maíz en condiciones de temporal, no tuvieron impacto significativo para las variables: número de plántulas emergidas, plántulas totales hasta 50 dds, índice de clorofila (SPAD), biomasa foliar fresca, seca, radical fresca y seca, y altura de las plántulas (tabla 1 y 2). La soya presentó una visible clorosis por deficiencia de hierro, donde se registraron los valores más bajos de clorofila (promedio 23.1 SPAD), comparado con los demás cultivos (tabla 1). Debido a que en el Rancho el Coyote no fue posible capturar información climática, solamente se describe lo acontecido con las precipitaciones y temperaturas en el Cerib durante el periodo de estudio.

**Tabla 1.** Influencia del Crusier-Maxx® (C-M) y/o Fe más Zn (Fe + Zn) en el número de plántulas emergidas (PE), plántulas totales hasta 50 dds (P50), índice de clorofila (SPAD), de biomasa (g) foliar fresca (FF), seca (FS), radical fresca (RF) y seca (RS), y en la altura de plantas (cm) (Alt) de sorgo, maíz, soya y algodón en condiciones de riego (Cerib, Río Bravo, Tamaulipas).

Trat	PE	P50	SPAD	FF	FS	RF	RS	Alt
<b>Sorgo</b>								
C-M	33.5	31.3	35.0	50.4	5.2	8.53	4.65	142.1
Fe-Zn	32.3	29.8	32.3	46.8	4.9	7.88	4.43	145.0
C-M-Fe+Zn	34.5	34.5	34.4	47.8	5.0	8.28	4.50	140.6
Testigo	27.0	26.8	34.7	47.3	4.9	8.28	4.48	145.1
Promedio	31.8	30.6	34.1	48.1	5.0	8.2	4.5	143.2
P>F	0.438	0.504	0.182	0.56	0.745	0.702	0.359	0.182
CV	17.5	18.7	4.9	7.7	9.6	9.3	3.8	2.2
<b>Maíz</b>								
C-M	6.8	6.8	35.5	62.1	3.9	7.2	4.2	195.2
Fe-Zn	7.0	7.0	35.9	65.2	3.8	7.5	4.3	195.3
C-M-Fe+Zn	7.5	7.5	36.1	63.8	3.9	7.0	4.2	194.5
Testigo	7.5	7.3	36.0	67.8	3.9	7.7	4.3	195.6
Promedio	7.2	7.2	35.9	64.7	3.9	7.4	4.3	195.2
P>F	0.51	0.604	0.961	0.633	0.909	0.349	0.691	0.913
CV	10	9.8	4.2	11.5	4.3	8.2	3.9	1.6
<b>Soya</b>								
C-M	22.0 a	22.0 a	22.9	12.6	5.1	1.09	0.22	81.9
Fe-Zn	21.2 a	21.2 a	22.9	11.0	4.6	0.92	0.18	76.2
C-M-Fe+Zn	21.4 a	21.4 a	23.5	10.3	4.7	1.09	0.16	79.3
Testigo	21.6 a	21.6 a	23.1	12.4	5.2	0.99	0.20	79.4
Promedio	21.6	21.6	23.1	11.6	4.9	1.0	0.2	79.2
P>F	0.044	0.044	0.979	0.234	0.334	0.711	0.392	0.083
CV	15.4	15.4	10.4	14.5	10.0	22.8	16.8	5.3
<b>Algodón</b>								
C-M	14.3	14.3	27.7	30.4	7.2	2.6	0.37	93.6
Fe-Zn	11.8	11.5	27.6	32.1	7.6	2.9	0.41	96.1
C-M-Fe+Zn	13.0	12.8	27.6	31.4	7.5	2.9	0.38	92.0
Testigo	13.0	13.0	28.0	33.2	7.9	2.8	0.39	92.4
Promedio	13.0	12.9	27.7	31.8	7.6	2.8	0.4	93.5
P>F	0.227	0.221	0.761	0.767	0.397	0.713	0.968	0.670
CV	11.8	13.1	3.9	11.3	7.4	17.4	15.7	5.4

Fuente: Elaboración propia.

Durante el desarrollo de los cultivos, las lluvias fueron abundantes y generalizadas en la región, por lo que, al parecer, los cultivos de sorgo y maíz sembrados en la localidad de temporal no resintieron problemas de estrés por sequía. De la misma forma, en Río Bravo las precipitaciones en el periodo de estudio fueron cuantiosas, las cuales acumularon 334 mm, y la temperatura ambiente promedio fue de 13.9 °C hasta la última decena de marzo (figura 1).

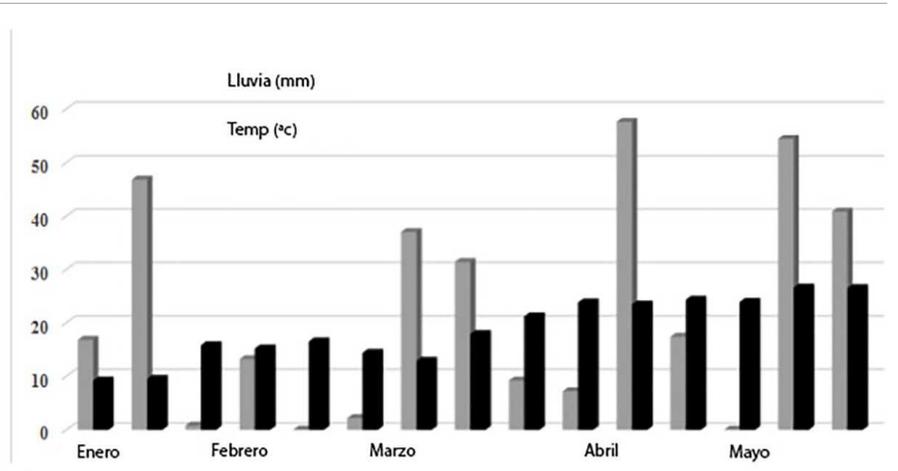


Figura 1. Precipitaciones y temperaturas promedio decenales registradas en el Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, Río Bravo, Tam., en el periodo de enero a mayo de 2015.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2.** Influencia del Crusier-Maxx® (C-M) y/o Fe más Zn (Fe + Zn) en el número de plántulas emergidas (PE), plántulas totales hasta 50 dds (P50), índice de clorofila (SPAD), de biomasa (g) foliar fresca (FF), seca (FS), radical fresca (RF) y seca (RS), y en la altura de plantas (cm) (Alt) de sorgo, y maíz en condiciones de temporal (Rancho el Coyote, Reynosa, Tamaulipas).

Trat	PE	P50	SPAD	FF	FS	RF	RS	Alt
<b>Sorgo</b>								
C-M	30.0	30.0	28.9	37.7	2.9	7.00	3.98	148.0
Fe-Zn	26.5	25.8	28.1	38.9	3.2	7.08	4.05	144.8
C-M-Fe+Zn	24.5	22.0	30.0	40.6	2.9	7.03	3.95	146.1
Testigo	27.2	25.8	28.7	37.2	2.7	7.08	4.03	144.5
Promedio	27.1	25.9	28.9	38.6	2.9	7.0	4.0	145.9
P>F	0.234	0.15	0.685	0.66	0.524	0.955	0.714	0.5
CV	15.1	13.2	7.6	11.6	12	3.3	3.3	2.3
<b>Maíz</b>								
C-M	6.8	6.8	31.4	141.5	4.7	12.2	5.7	194.2
Fe-Zn	6.5	6.5	31.1	124.0	4.9	10.6	5.4	192.5
C-M-Fe+Zn	6.3	6.3	31.4	132.8	4.9	11.7	5.7	194.9
Testigo	6.3	6.3	30.7	134.5	5.0	11.0	5.2	195.6
Promedio	6.5	6.5	31.2	133.2	4.9	11.4	5.5	194.3
P>F	0.844	0.844	0.902	0.572	0.92	0.436	0.43	0.828
CV	12.3	12.3	5.0	12.8	11.3	12.2	9.6	2.5

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

La ausencia de variaciones significativas entre los tratamientos para el número de plántulas emergidas, totales y las demás características de las plántulas, hasta los 50 dds, en todos los cultivos y en las dos

condiciones de humedad, es una indicación de la ineficacia de los tratamientos químicos (incluso la mezcla de los dos formulados comerciales) en ausencia de factores bióticos o abióticos en el campo. Solo en la soya se comprobó la clorosis férrica, pero no se observó efecto entre los tratamientos. Los resultados obtenidos son coincidentes a los encontrados por Brzezinski *et al.* (2015), quienes evaluaron diferentes fungicidas e insecticidas y combinaciones como tratamiento de semilla de soya en diferentes ambientes y corroboraron similitudes entre la emergencia y la posición final de las plántulas, lo que demuestra que no hubo efectos en el cultivo, independientes a factores bióticos y abióticos del entorno. Contrario a lo observado, Balardin *et al.* (2011) y Conceição *et al.* (2014), trabajando con soya, y Abati *et al.* (2014), trabajando con trigo, señalaron que el tratamiento de semillas con fungicidas, insecticidas y polímeros (solos o en combinación) registraron los valores más altos de emergencia de plántulas en el campo y sin la presencia de daños o efectos bióticos.

Basado en los resultados obtenidos, se destaca la importancia de contar con una adecuada selección y uso de tratamientos químicos de semilla específicos, siempre y cuando se presenten condiciones adversas de elementos abióticos o bióticos, para justificar un manejo precursor de protección y la obtención de altos rendimientos. Considerando lo anterior, tiene relevancia primero conocer los posibles antecedentes de problemas bióticos o abióticos que amenacen potencialmente las plántulas en el sitio de siembra. En siembras con bajas temperaturas del suelo puede originar la muerte de plántulas, fenómeno conocido como muerte por frío, por lo que la naturaleza de esta mortalidad puede ser confundida con ahogamiento por patógenos del suelo cuya presencia es secundaria. Por ejemplo, en okra (*Abelmoschus esculentus*) las temperaturas del suelo de 17.5 °C causan pérdidas del 50% en la densidad de plántulas (Díaz, Loera, Rosales, Alvarado & Ayvar, 2007).

Por otro lado, existe un creciente mercado y empleo de bioinoculantes en la agricultura mundial (Vosátka, Látr, Gianinazzi & Albrechtová, 2013; Xiang, Zhao, Xu, Qin & Yu, 2012) y regional (Carranco, 2011). En el caso de justificar el tratamiento de semilla con fungicidas, es importante conocer si son o no compatibles con los microorganismos inoculados, como promotores del crecimiento vegetal. Los fungicidas utilizados en el estudio son una mezcla de fludioxonil y metalaxil-M; el primero se ha demostrado que es supresor de la funcionalidad de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) inoculados, mientras que el segundo no tiene efectos sobre los mismos (Fernández, Veitía & Rodríguez, 2011; Germida, Walley & Hongyan, 2013). El uso de la inoculación micorrízica principalmente en sorgo en Tamaulipas, como manejo comercial, ha ido en aumento. Se determinó que el HMA *Rhizophagus intraradices* incrementó la biomasa radical, la longitud de la panoja y el rendimiento de grano en 7.6 g, 3.3 cm y 524 kg/ha, respectivamente; la rentabilidad de la producción se acrecentó 17% (Díaz, Cortinas, De la Garza, Valadez & Peña del Río, 2013). Otros fungicidas sistémicos, como carbendazim y/o agentes basados en cobre, como hidróxido de cobre, demostraron tener efectos perjudiciales tanto para los HMA como en la biodiversidad microbiana del suelo (Xie, Wei, Cai & Huang, 2010).

El tratamiento de semilla con Fe y Zn (Wolf Trax DDP®) no mostró efectos en los valores de clorofila (SPAD) ni tampoco en las variables altura de planta y de biomasa foliar y radical, en todos los cultivos y en las dos condiciones de humedad. Lo anterior es importante, ya que la soya sembrada en el Cerib, a diferencia de los otros cultivos, exhibió una manifiesta clorosis por deficiencia de hierro (figura 2), la cual fue comprobada con aplicación de FeSO<sub>4</sub> foliar.



**Figura 2.** Aspecto general de los cultivos evaluados. En el lado izquierdo la soya contrasta con los demás cultivos con los síntomas de clorosis por deficiencia de Fe.

Fuente: Elaboración propia.

Contrario a los resultados obtenidos, investigaciones reportan efectos benéficos en diferentes cultivos mediante el tratamiento de semilla con Fe y Zn. Se han observado incrementos en la germinación, biomasa aérea y altura de planta, incluyendo aumentos de rendimiento (Farooq *et al.*, 2012; Manuwar *et al.*, 2013; Mohsin *et al.*, 2014; Rangel, Gil & Montaña, 2011). No obstante, Goos & Johnson (2001) obtuvieron resultados similares a los del presente estudio; demostraron que el tratamiento de semilla de soya con Fe, en condiciones de deficiencia de Fe, no incrementó el contenido de clorofila, tampoco impactó en el crecimiento de la plántula ni en el rendimiento. Kazemi, Ali, Pirdasht & Shad (2008) compararon diferentes dosis y formas de aplicación de Zn en frijol y concluyeron que las aplicaciones foliares resultaron las más efectivas. Son comunes las inconsistencias de los resultados en los cultivos mediante el tratamiento de semilla con microelementos. Por ejemplo, en una revisión al respecto, Farooq *et al.* (2012) señalaron que son múltiples los factores que afectan su efectividad, entre otros destacan el pH, la humedad, la textura, el nivel de P y la temperatura del suelo, así como la respuesta varietal o el híbrido utilizado.

El tratamiento de semilla con las combinaciones de thiametoxam+fludioxonil+metalaxil-M no promovieron la emergencia ni el crecimiento de las plántulas de sorgo, soya, maíz y algodón, por lo que su uso solo podría tener justificación como método preventivo ante un eventual problema abiótico o biótico en el estado de plántula en campo. Igualmente, el compuesto Fe + Zn no influyó en la emergencia, ni en el crecimiento de las plántulas de los cultivos, pero tampoco en la corrección de la clorosis férrica de la soya, por lo que la deficiencia debe atenderse con un manejo diferente. Los resultados demuestran que los productos evaluados *per se* no influyen en el crecimiento y establecimiento de las plántulas. El tratamiento químico combinado de la semilla debe ser específico, dirigido, comprobado y dentro de un manejo integral a problemática de plántulas; la aplicación no justificada representa una práctica ineficiente. Se ha establecido que el exceso del uso de agroquímicos ha tenido como resultado contaminación, decremento de la biodiversidad en las regiones agrícolas, degradación de los agroecosistemas e incrementos de los costos de producción. La producción agrícola sostenible podría reemplazar a la agricultura tradicional, aunque para eso se requiere de una mayor comprensión y entendimiento de las interacciones biológicas dentro de los agroecosistemas (Lire, Jha & Philpott, 2017).

## Conclusiones

El tratamiento de semilla con los microelementos Fe y Zn o la combinación de thiametoxam-fludioxonil-metalaxil-m no manifestó influencia positiva en la emergencia, densidad de población, altura de plántula, índice de clorofila y de biomasa foliar y radical de plántulas en los cultivos de sorgo, maíz, soya y algodón. El compuesto Fe + Zn no influyó en la clorosis férrica manifestada en la soya.

## Referencias

- Abati, J., Zucareli, C., Foloni, J. S., Henning, F. A., Brzezinski, C. R., & Henning, A. A. (2014). Treatment with fungicides and insecticides on the physiological quality and health of wheat seeds. *Journal of Seed Science*, 36(4), 392-398. doi: <http://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41006>
- Balardin, R. S., Silva, F. D. L., Debona, D., Corte, G. D., Favera, D. D., & Tormen, N. R. (2011). Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciencia Rural*, 41(7), 1120-1126. doi: <http://doi.org/10.1590/s0103-84782011000700002>
- Brzezinski, C. R., Assis, H. A., Abati, J., Henning, A. E., Barros, F. J., Krzyzanowski, F. C., & Zucareli, C. (2015). Seed treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. *Journal of Seed Science*, 37(2), 147-153. doi: <http://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2148363>
- Campo Experimental Río Bravo (Cerib). (2012). Paquetes tecnológicos para la producción de cultivos del norte de Tamaulipas. Centro de Investigación Regional del Noreste, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Río Bravo, Tam., México.
- Conceição, G. M., Barbieri, A. P. P., Lúcio, A. D., Martin, T. N., Mertz, L. M., Mattioni, N. M., & Lorentz, L. H. (2014). Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. *Biosciences Journal*, 30(6), 1711-1720.
- Carranco, A. J. (2011). Uso de micorriza (*Glomus intraradices*) en cultivos de sorgo y maíz. Programa Elaboración de Casos de Éxito de Innovación en el Sector Agroalimentario. México: Instituto de Cooperación para la Agricultura/Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce. 54 p.
- Díaz, F. A., Cortinas, E. M., De la Garza, C. M., Valadez, G. J., & Peña del Río, A. (2013). Micorriza arbuscular en sorgo bajo diferente manejo agrotecnológico y ambiental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 215-228.
- Díaz, F. A., Loera, G. J., Rosales, R. E., Alvarado, C. M., & Ayvar, S. S. (2007). Producción y tecnología de okra (*Abelmoschus esculentus* L.) en el noreste de México. *Agricultura Técnica en México*, 33(3), 297-307.
- Díaz, F. A., & Ortégón, M. A. (1998). Interacción del propiconazol foliar y captan-carboxin en la semilla sobre rabia, roya y rendimiento de grano de garbanzo. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 16(2), 84-89.
- Fernández, V. R., Veitía, R. M., & Rodríguez, R. (2011). Compatibilidad entre nuevos plaguicidas sintéticos y el hongo micorrizógeno *Glomus intraradices*. *Fitosanidad*, 15(2), 99-105.
- Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K. M. (2012). Micronutrient application through seed treatments: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(1), 125-142. doi: <http://doi.org/10.4067/s0718-95162012000100011>
- Germida, J. J., Walley, F. L., & Hongyan, J. (2013). Suppressive effects of seed-applied fungicides on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) differ with fungicide mode of action and AMF species. *Applied Soil Ecology*, 72(4), 22-30. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.05.013>
- Goos, R. J. & Johnson, B. (2001). Seed treatment, seedling rate and cultivar effects on iron deficiency chlorosis of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 24(8), 1255-1268. doi: <http://doi.org/10.1081/pln-100106980>
- Kazemi, P. H., Ali, B. M., Pirdasht, H., & Shad, M. A. (2008). Effect of Zn rates and application forms on protein and some micronutrients accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Biological Science*, 11(7), 1042-1046. doi: <http://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1042.1046>
- Lire, H., Jha, S., & Philpott, S. M. (2017). Intersection between biodiversity conservation, agroecology, and ecosystem services. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(2), 723-760. doi: <http://doi.org/10.1080/21683565.2017.1330796>
- Magallanes, E. A., Díaz, F. A., Reyes, R. M., Rosales, R. E., Alvarado, C. M., Silva, S. M., Bustamante, D. A., & Cortinas, E. H. (2014). Tecnología de producción en soya (*Glycine max*) para el norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No. 58. Río Bravo, Tam., México. 36 p.
- Manuwar, M., Ikram, M., & Raza, M. (2013). Effect of seed priming with zinc, boron and manganese on seedling health in carrot. *International Journal of Agricultural Crop Science*, 22(5), 2697-2702. doi: <http://doi.org/10.2013/5-22/2697-2702>
- Mohsin, A. U., Ahmad, H., Farooq, M., & Ullah, S. (2014). Influence of zinc applications through seed treatment and foliar spray on growth productivity and grain quality of maize. *Journal of Plant Science*, 24(5), 1494-1503.

- Ozores-Hampton, M. (2013). Effective strategies to correct iron deficiency in Florida vegetable crops. *HortTechnology*, 23(5), 548-552.
- Rangel, M., Gil, F., & Montaña, J. (2011). Efecto del tratamiento de semilla con zinc y ácido giberélico en la emergencia y el crecimiento inicial de caña de azúcar. *Agricultura Tropical*, 61(3), 37-45.
- Rushing, K. W. (1994). Chemical treatments for horticultural seed. *HortTechnology*, 4(2), 109-110.
- Vosátka, M., Látr A., Gianinazzi, S., & Albrechtová, J. (2013). Development of arbuscular mycorrhizal biotechnology and industry: current achievements and bottlenecks. *Symbiosis*, 58(5), 29-37. doi: <http://doi.org/10.1007/s13199-012-0208-9>
- Xiang, W., Zhao, L., Xu, X., Qin, Y., & Yu, G. (2012). Mutual information flow between beneficial microorganisms and the roots of host plants determined the bio-functions of biofertilizers. *American Journal of Plant Science*, 3(3), 1115-1120. doi: <http://doi.org/10.4236/ajps.2012.38134>
- Xie, L., Wei, Y. W., Cai, M., & Huang, J. G. (2010). Influences of fungicides on growth and resistance of arbuscular mycorrhizal tobacco seedlings. *Guangxi Agricultural Science*. 41(2), 319-322.