

Respuesta de espinaca y de *Spodoptera exigua* a fertilización orgánica y mineral

Maythed Perzabal-Ramos¹
Engelberto Sandoval-Castro^{1§}
Ramón Díaz-Ruíz¹
Arturo Huerta-de la Peña¹
Rodolfo Figueroa-Brito²
Fernando Bahena-Juárez³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. CP. 72760. Tel. 01(222) 2850013. (maythed@hotmail.com; dramón@colpos.mx; arturohp@colpos.mx). ²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-Instituto Politécnico Nacional. Carretera Yautepec-Jojutla km 6.5, Col. San Isidro, Yautepec, Morelos. CP. 62731. (rfigueroa@ipn.mx). ³Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán, México. AP. 128. CP. 60150. (bahena.fernando@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: engelber@colpos.mx.

Resumen

Los agricultores se enfrentan a problemas fitosanitarios de graves riesgos, generalmente se asume que el incremento del nitrógeno (N) en la planta aumenta las poblaciones de patógenos. El estudio se llevó en invernadero para conocer los efectos de las variables agronómicas de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) variedad Python F1, así como la respuesta que hay en la oviposición de las hembras y el daño que ocasionan larvas de *Spodoptera exigua*. Se fertilizó con fertilizante mineral a base de solución nutritiva Steiner (100%, 50%), y con biofertilizantes de lixiviado de conejo (3%) y compost de cachaza (1:1 v/v). Por medio del programa ImageJ[®] se calculó el área dañada de las hojas y para la dinámica de área foliar el PROC NLIN utilizando modelos logísticos. Se realizó un análisis estadístico para las variables agronómicas, oviposición y daños en espinaca usando prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron diferencias en el peso fresco de la planta (PSP) y la raíz (PFR), la mayor área foliar fue el tratamiento de compost de cachaza y solución Steiner completa SN (100%), no se observaron diferencias en los tratamientos a 45 y 60 días después de la emergencia. En cuanto a *Spodoptera exigua* se encontraron diferencias en el número de masas de huevos a 24 h (NMHP24), en peso de las larvas (PL), número de hojas dañadas (NHD) y área de la hoja dañada (AHD). El lixiviado de conejo puede ser una alternativa como biofertilizante para una producción orgánica en espinaca.

Palabras clave: *Spinacia oleracea* L., biofertilizantes, compost, gusano soldado.

Recibido: marzo de 2018

Aceptado: mayo de 2018

Introducción

Los fertilizantes minerales o química son de los insumos más usados en la agricultura, como es el uso de urea y fosfato diamónico, estos proveen nutrientes que la planta aprovecha de manera inmediata (Zhang *et al.*, 2016) u orgánica con el empleo de biofertilizantes como son los compost, humus de lombriz, residuos de animales, caldos minerales, harina de rocas, abonos orgánicos fermentados (Restrepo, 2006; Figueroa-Barrera *et al.*, 2012). La fertilización de los cultivos, sobre todo de N, tiende a aumentar la biomasa y el área foliar. El trigo de invierno tiene el mejor índice de área foliar adecuada mediante la aplicación racional de los fertilizantes (Li *et al.*, 2008). La producción de biomasa de plántulas de *Liquidambar styraciflua* L. se relaciona significativamente con el área foliar específica, los cambios en área foliar y la concentración de N en hoja explican 90% de las respuestas de crecimiento (Chang, 2003). La aplicación de N aumentó el crecimiento y área foliar, la combinación de N y fósforo (P) incrementó la absorción nutrimental, que solo con aporte del P (Chang, 2003). El índice de área foliar acrecentó con la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada, con amplió rendimiento de las plantas (Olsen y Weiner, 2007).

A pesar de la importancia de la fertilización nitrogenada que es esencial en el desarrollo y crecimiento de las plantas (Cease *et al.*, 2012), las dosis elevadas pueden traer problemas en los cultivos; al modificar el valor nutritivo de las plantas haciéndolas susceptibles a ataques de insectos fitófagos e incrementar sus poblaciones y las poblaciones de sus depredadores o parasitoides (Yardim y Edwards, 2003; Lu *et al.*, 2007; Aqueel *et al.*, 2015). Algunos investigadores, han sustentado la hipótesis, de que altas dosis de nitrógeno puede resultar en grandes niveles de daños por los herbívoros (Altieri, 2007) por lo que se han realizado varios estudios del nitrógeno en las plantas, algunos mencionan que este tiene una relación con la incidencia de plagas.

Las plantas tienen defensas directas e indirectas producidas constitutivamente que inducen en contra de los patógenos, que pueden ayudar considerablemente en su capacidad de defenderse a sí mismas. La comprensión de las respuestas de defensa de plantas a una diversidad de factores de estrés abióticos y es importante para entender la ecología química de muchos insectos parasitoides (Ode, 2013). Los metabolitos secundarios de las plantas juegan un papel importante en la mediación de las interacciones con los insectos y sus enemigos naturales, en la naturaleza, las plantas y los insectos a menudo participan en las interacciones mutualistas con los microorganismos que también pueden afectar al metabolismo secundario de la planta (Gols, 2014).

Los efectos de la retroalimentación planta-suelo sobre el rendimiento pueden estar influenciados por la disponibilidad nutrimental; siendo interdependientes la fertilización química y la cantidad de insectos en la planta, con cambios en los metabolitos del floema (Kos *et al.*, 2015a), siendo diferente entre especies vegetales (Kos *et al.*, 2015b). A altas dosis de nitratos se observaron más áfidos en plantas, a pesar que los metabolitos primarios difieren ligeramente (Kutyniok y Müller, 2013).

Aceites vegetales volátiles inducidos por insectos son emitidos específicamente por las plantas cuando está atacadas, estos compuestos pueden ser percibidos por los depredadores que parasitan o se alimentan de los insectos entre otros, incluidos himenópteros parásitos (Becker *et al.*, 2015). La disponibilidad de N puede ejercer una variedad de efecto de abajo hacia arriba en los patrones de defensa de las plantas de influir en la dinámica de población de insectos, y de ese modo puede representar una fuente de variación en las interacciones planta-insecto (Olson *et al.*, 2009).

Ninfas de saltamontes del arroz (*Oxya japonica*) que se alimentaron de plantas ricas en nitrógeno y pobres en carbono, cultivadas en el suelo convencional crecieron y se desarrollaron más rápidamente que las que se alimentan de plantas cultivadas orgánicamente (Trisnawati *et al.*, 2015). La composición de aminoácidos de los exudados del floema fue significativamente influenciado por la fertilización química, estos cambios en los metabolitos primarios y secundarios pueden ser decisivos para las respuestas de insectos en la planta (Kutyniok *et al.*, 2014; Kevi *et al.*, 2015).

Los nutrimentos que necesitan las plantas les permiten realizar funciones bioquímicas, actividades fotosintéticas que influyen en la biomasa o en la reproducción de los cultivos; en el caso de la espinaca el nitrógeno es esencial en la calidad como es el color (clorofila) además de vigor y fortaleza en la manipulación durante la cosecha (Aqueel *et al.*, 2015; Xing *et al.*, 2015; Muchecheti *et al.*, 2016).

Luna (1988) menciona que la alta fertilización aumenta la incidencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), en *Ostrinia nubilalis* Hübner los resultados en la oviposición fueron significativamente altos en la preferencia de la puesta de huevos sobre maíz en suelo convencional con fertilizantes nitrogenados, en comparación con plantas fertilizadas con estiércol (Phelan *et al.*, 1995). En tomate con altas tasa de fertilización de N, las poblaciones de *Frankiniella occidentalis* fueron significativamente altas (Brodbeck *et al.*, 2001). La población de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) incremento cuando se alimentó de plantas de tomate tratadas con la concentración más alta de nitrógeno (1.5 mm NO_3^-) (Larbat *et al.*, 2015) Chen *et al.* (2008) demostraron que se incrementó el desarrollo de larvas de *S. exigua* que fueron alimentadas con plantas de algodón con aplicación de dosis altas de fertilización nitrogenada y que plantas de algodón con niveles de N fueron elegidos preferentemente por las hembras de *S. exigua* para la oviposición.

El abuso o escasez de N en las plantas puede beneficiar o afectar el crecimiento y desarrollo de los insectos; un exceso de la fertilización conduce al aumento de la tasa de natalidad, fecundidad, longevidad, crecimiento y supervivencia de ciertas plagas (Jahn *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2006). Sin embargo, cuando el contenido de N es bajo en la planta, pueden afectarse a los insectos que se alimentan de está disminuyendo su crecimiento, preferencia de alimentación y la tasa de supervivencia de la plaga; por ejemplo, el desarrollo de larvas de *S. exigua* alimentadas con plantas de algodón con una reducción de aplicaciones de nitrógeno (42 y 112 ppm) fue prolongada en relación con los tratamientos que recibieron mayor fertilización nitrogenada (196 y 280 ppm) (Chen *et al.*, 2008).

El presente trabajo tuvo la finalidad de observar la respuesta en el crecimiento y fenología de la espinaca, específicamente en el área foliar y observar si la concentración de N en las hojas influye en la oviposición y en el consumo de larvas L2 de gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hübner) manifestado como daño en la planta, con tratamientos de fertilización mineral a base de solución nutritiva Steiner y biofertilizantes compost de cachaza y lixiviado de conejo, bajo condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en invernadero en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Puebla, durante marzo a junio de 2015. Se utilizó espinaca variedad Python F1, la cual es recomendada para los periodos de primavera-verano. La siembra se realizó el 16 de marzo de 2015 colocando tres semillas a 2.5 cm de profundidad en vasos de unicel de 1 L que sirvieron de maceta, con tierra del municipio de Los Reyes de Juárez, Puebla, para posteriormente dejar una planta. Los riegos se realizaron de acuerdo a los tratamientos dependiendo de las necesidades de las plantas.

Tratamientos

El ensayo consistió en seis tratamientos con cinco repeticiones, distribuidos en un diseño completamente al azar, los cuales consistieron de la siguiente manera: solución nutritiva Steiner al 100% (SN100%) y 50% (SN50%), solución nutritiva Steiner al 100% con adición de compost de cachaza (SN+COMP), composta de cachaza (COMP) y lixiviado de conejo (LIXCON) y sin fertilización (testigo). La composición de la solución de Steiner para 200 L de agua fue con las fuentes nitrato de potasio (63 g), nitrato de calcio (120 g), fosfato monopotásico (30 g), sulfato de magnesio (75 g), sulfato de potasio (67 g), H₂SO₄ (20 ml) y micronutrientes (10 g) Ultrasol[®] micro mix (Fe 7.5%, Mn 3.7%, B 0.7%, Zn 0.6%, Cu 0.3% y Mo 0.2%). El compost de cachaza utilizada contiene 2.56% N, pH de 7.84, CE de 3.5, dS m⁻¹, P 767.2 ppm, Fe 88.6 ppm, Mn 26.6, Zn 20.3 ppm y Cu 8.841, mientras que el lixiviado de conejo contiene pH de 9.84 y CE de 11.011 dS m⁻¹, P 37.2 ppm, Fe 0.062 ppm, Mn 0.042, B 0.25 ppm, Zn 0.024 ppm, Cu 0.01 y Mo 0.011 ppm.

Dinámica de área foliar

Se realizaron ajustes para la dinámica del desarrollo de área foliar (FOL) considerando modelos no lineales o logísticos (Hunt, 1982), mediante técnicas de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC NLIN del programa estadístico SAS ver. 9.0 (SAS Institute, 2002). La estimación del área foliar se realizó por medio de un factor de ajuste, se seleccionaron 15 hojas de 5 plantas, tomando el área real de la hoja a partir de medición directa donde se midió el largo (L en cm) y el ancho (A en cm) de las hojas (Hoyos *et al.*, 2005; Cabezas-Gutiérrez, 2009) y se obtuvo el factor de ajuste.

El modelo logístico utilizado para estimar la dinámica de área foliar: $Y=A/(1+Be^{-CX})$. Dónde: A, B y C son parámetros cuyos valores se obtienen con el programa PROC NLIN en el SAS; X= los días después de la siembra; e = logaritmo natural.

Las variables agronómicas a medir fueron: número de hojas, largo y ancho de las hojas (cm), durante el ensayo se realizaron 4 mediciones cada 20 días después de la siembra; a la cosecha se midieron altura de la planta (cm), longitud de la raíz (cm), peso fresco de la planta (g) y de la raíz (g), en el caso de peso seco de la planta y raíz fueron posteriormente a cosecha. Se realizaron observaciones visuales buscando las características morfológicas descritas por la escala BBCH para la fenología (Meir, 2001) por lo que se consideró el cambio de una fase o estadio cuando 50% de plantas por tratamiento las presentaban. En el caso de *Spodoptera exigua* las variables a

estudiar fueron: número de masas de huevos y número de huevos en espinaca en cuanto al tiempo (24, 48 y 72 h), número de daños por hoja, área total de la hoja y la suma del área dañada de las hojas.

Análisis de nitrógeno total en espinaca

La determinación del contenido de nitrógeno en las hojas se realizó en tejido vegetal seco, las muestras fueron trituradas con un molino de grano A11 Basic[®], utilizando los accesorios para molienda por choque para tener muestras homogéneas y determinado en la Unidad de Laboratorios (Ulabs) del Colegio de Postgraduados-Campus Puebla por medio del método micro Khendalj (Ortega *et al.*, 2006).

Exposición de hembras y larvas de *Spodoptera exigua* en espinaca

En febrero de 2015 fueron colectadas larvas de diferentes instar de *Spodoptera exigua* en cultivo de espinaca en el municipio de Los Reyes de Juárez, Puebla. La colonia fue establecida y alimentada con dieta artificial modificada de Budía *et al.* (1994) en el laboratorio de fitosanidad e inocuidad de alimentos del Colegio de Postgraduados-Campus Puebla.

Se seleccionaron hembras y machos de 24 h de edad, colocándolas en bolsas enceradas 10 hembras y 1 macho, se dejaron por 48 h para la fecundación. En un ensayo de no elección, se seleccionaron 30 hembras fecundas, teniendo hembra/planta las cuales se colocaron dentro de jaulas de madera (30 x 30 x 30 cm) forradas de tela organza (Ortega-Arenas *et al.*, 2006), colocando a las hembras dentro de estas a los 56 días después de la germinación de las plantas de cada tratamiento. Las hembras fueron alimentadas con una solución de agua y miel al 10%. Las puestas de huevos fueron removidas y contadas cada 24 h (Belda *et al.*, 1994). Por medio de un microscopio estereoscópico (Motic[®] DM143) se contabilizó el número de huevos por masa y se esperó a la emergencia de las larvas. Se seleccionaron 30 larvas en L2 al azar, colocando una larva por planta para evitar la competencia y el canibalismo, fueron puestas a los 64 días después de la siembra de la espinaca hasta la fecha de cosecha. En esta etapa se revisaron las hojas dañadas por planta en cada tratamiento.

Análisis de daños en hojas por *Spodoptera exigua*

El análisis de daño en las hojas de espinaca se realizó con el programa ImageJ[®] propuesto por Abramoff *et al.* (2004) por medio del análisis de imágenes que permitió determinar los valores del área foliar como la superficie dañada de la hoja por el insecto (Rasband, 2009; Ferreira y Rasband, 2011; Saucedo-Acosta, 2015). En la cosecha se tomaron fotografías digitales de las hojas con presencia de daño, colocando la hoja en una base blanca y plana, además de una regla graduada en centímetros en la base de la planta como referencia para las mediciones y para calibrar la imagen en el programa, la cual es necesaria para el ajuste en la escala de píxeles, seleccionando la unidad de cm para la medición. Para el cálculo del área total de la hoja y el área dañada, los datos de área fueron pasados a Microsoft Office Excel[®] 2010 y analizados estadísticamente en SAS (SAS Institute, 2002).

Resultados y discusión

Variables agronómicas

Los resultados mostraron diferencias estadísticas en el número de hojas, peso fresco de la planta, peso seco de la planta, largo de la raíz y altura de la planta, el mejor tratamiento fue SN+COMP (Cuadro 1), en este tratamiento se observaron con color verde oscuro, seguido de LIXCON ambos mostraron buena flexibilidad en las hojas, lo cual hace que les proporcione un mejor aspecto a la espinaca, como un buen indicador de la calidad (Burt, 1997) mientras los demás tratamientos presentaron un color verde-limón con hojas quebradizas. Sin embargo, LIXCON fue el único tratamiento que llegó a floración, observándose el crecimiento del tallo de en medio de la roseta, esta respuesta puede estar influenciada por el fotoperiodo y temperatura mayor a 20 °C (Arana y Marengo, 2003; González *et al.*, 2004), por otro lado hay evidencia de que el fósforo favorece la floración de espinaca (Serrano, 1976). La pronta floración en la espinaca es una respuesta que no favorece a la cosecha, ya que se busca obtener la mayor producción vegetativa (Jiménez *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Respuesta de diferentes caracteres agronómicos de la espinaca a la fertilización orgánica y mineral.

TRT	NH	PFP (g)	PFR (g)	PSP (g)	PSR (g)	LR (cm)	AP (cm)
SN (100%)	28 ±3.162 ab	22.654 ±5.956 ab	4.12 ±3.32 ns	4.386 ±1.164 ab	0.596 ±0.227 ns	21.112 ±3.42 a	15.464 ±1.026 ab
SN (50%)	28.6 ±2.302 ab	19.604 ±3.794 ab	2.23 ±0.991 a	4.436 ±0.41 ab	0.714 ±0.379 a	22.774 ±4.28 a	14.852 ±1.021 b
SN+COMP	30 ±5.708 a	27.962 ±2.486 a	6.404 ±2.638 a	4.836 ±0.632 a	0.756 ±0.235 a	23.524 ±4.782 a	17.86 ±1.276 a
COMP	21.6 ±1.516 bc	15.332 ±3.915 b	1.422 ±0.799 a	3.302 ±0.876 b	0.392 ±0.133 a	9.556 ±4.142 b	14.576 ±1.734 b
LIXCON	21.4 ±5.595 bc	23.98 ±10.125 ab	4.6 ±1.133 a	3.97 ±0.582 ab	0.708 ±0.074 a	21.674±2.8 61 a	16.32 ±1.809 ab
Testigo	17.2 ±4.147 c	15.966 ±3.493 b	3.388 ±1.744 a	4.07 ±0.612 ab	0.748 ±0.171 a	20.874 ±2.599 a	15.56 ±1.7 ab
DHS	7.9273	11.062	5.2495	1.4725	0.4377	7.3598	2.8669

TRT= tratamiento; SN (100%)= solución Steiner al 100%, SN (50%)= solución Steiner al 50%; SN+COMP= solución Steiner más compost de cachaza; COMP= compost de cachaza; LIXCON= lixiviado de conejo; NH= número de hojas, PFP= peso fresco de la planta; PFR= peso fresco de la raíz; PSP= peso seco de la planta; PSR= peso seco de la raíz; AP= altura de la planta y LR= longitud de la raíz, DHS= diferencia honesta significativa. Tratamientos con la misma letra en la columna no difieren significativamente Tukey ($p \leq 0.05$)

Dinámica del área foliar

El área foliar (FOL) de la espinaca, se ajustó a un modelo logístico en todos los tratamientos (Cuadro 2 y Figura 1), permitiendo apreciar el crecimiento que la espinaca desarrolló por medio de los tratamientos. Las diferencias se presentan a los 45 y 60 días. El tratamiento con mayor área foliar fue SN+COMP a los 52 días después de la siembra, la combinación de compost de cachaza y solución Steiner al 100% favorece al desarrollo foliar de la espinaca, Van Cleempul y Hera (1996) citado por Aguilar (2005) mencionan que la fertilización química tiene una eficiencia limitada,

debido que los cultivos solo absorben entre 10 y 50% del fertilizante aplicado, mientras que el abono orgánico mejora las condiciones del suelo por lo que la combinación de ambos pudo ayudar en el crecimiento y desarrollo de la espinaca. Sin embargo, LIXCON mostró mejores diferencias a 30 días después de la emergencia mostrando mayor área foliar que COMP, trabajos en Colombia reportan que el uso de conejaza proporciona mejores rendimientos (kg m^{-2}) en espinaca en comparación a otras compostas de residuos orgánicos de animales ya que el aporte de nutrientes es más adecuado para el cultivo (Jiménez *et al.*, 2010; Figueroa-Barrera *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Modelos de crecimiento del área foliar (FOL) con respecto a la fertilización mineral y orgánica en espinaca.

TRT	Área foliar (mm^2) modelo estimado	Fcal	Prob	Muestras			
				1 (14 dds)	2 (22 dds)	3 (52 dds)	4 (87 dds)
SN (100%)	$\text{FOL}=37846/1+145.2e^{-0.1029x}$	264.11	<0.0001	137.6 ± 53.1	2963.6 ± 1262.1	13786.8 ± 2100.4	36908.9 ± 5854.4
SN (50%)	$\text{FOL}=42071.7/1+118e^{-0.0907x}$	539.09	<0.0001	93.6 ± 37.3	3284.3 ± 83.3	12343.9 ± 1620.6	39765.1 ± 4219.2
SN+COMP	$\text{FOL}=50426.9/1+138.3e^{-0.0878x}$	887.21	<0.0001	154.5 ± 30.5	3165.8 ± 1073.6	12024.2 ± 1396.6	46398.2 ± 3626.3
COMP	$\text{FOL}=30752.8/1+121.2e^{-0.0895x}$	88.47	<0.0001	110.3 ± 21.7	2258.2 ± 1150.2	8532.6 ± 2264.2	28850.4 ± 8079.7
LIXCON	$\text{FOL}=34676.2/1+79.83e^{-0.0875x}$	122.07	<0.0001	121.1 ± 31.5	3716.6 ± 585.7	12058 ± 1803.9	32991.3 ± 8083.8
Testigo	$\text{FOL}=29076/1+81.335e^{-0.0837x}$	123.59	<0.0001	173.5 ± 79.8	2811.2 ± 1126.6	8953.5 ± 1061.4	27130.3 ± 6557.7
DHS				96.7*	2004.6*	3178.3*	12648*

TRT= tratamiento; SN (100%)= solución Steiner al 100%; SN (50%)= solución Steiner al 50%; SN+COMP= solución Steiner más compost de cachaza; COMP= compost de cachaza; LIXCON= lixiviado de conejo, FOL= área foliar; X=días después de la siembra (dds); e= logaritmo natural (2.718281828). *DHS= diferencia honesta significativa.

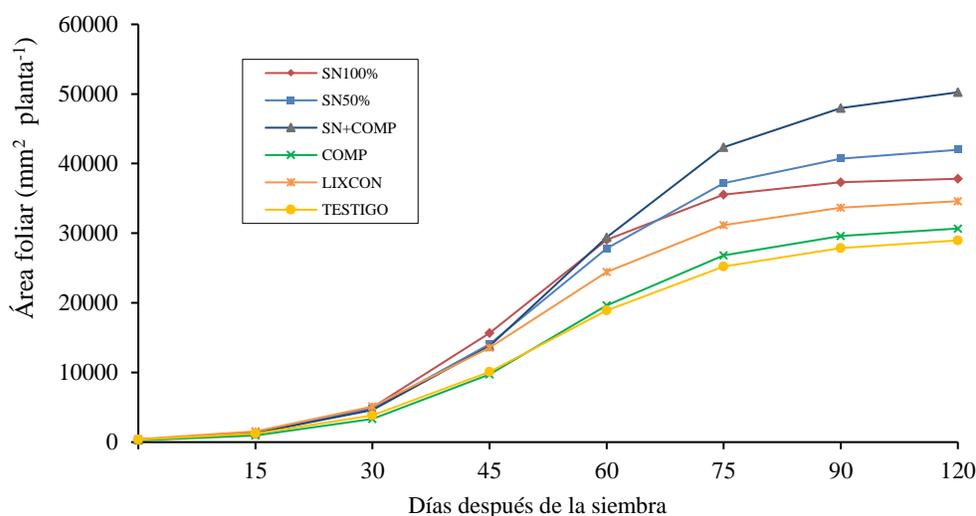


Figura 1. Dinámica de área foliar de la espinaca en diferentes tratamientos de fertilización, cultivado en suelo. Los tratamientos aplicados= SN100% (solución Steiner al 100%), SN50% (solución Steiner al 50%); SN100% + COMP (solución Steiner + compost de cachaza); COMP (compost de cachaza); LIXCON (lixiviado de conejo) y testigo.

El menor crecimiento lo mostró el testigo en el cual aparecieron hojas amarillas a los 45 días después de la emergencia, a esto Jiménez *et al.* (2010) menciona que la espinaca desarrolla pocas hojas con un tamaño inferior al normal que con el tiempo se tornan amarillas y es debido por bajas concentraciones de N en el medio de desarrollo.

Exposición de hembras y daño en hojas de espinaca por larvas L2 de *Spodoptera exigua*

Durante el ensayo con hembras de *S. exigua* se encontró diferencias significativas en el número de masas de huevos a las 72 h (NMH72) y en número de huevos por planta a las 72 h (NHP72) encontradas en hojas de espinaca (Cuadro 3). Resultados similares obtuvieron Ortega-Arenas *et al.* (2006) en pruebas de no elección, donde indican que la oviposición no fue afectada por la dosis de N sino que existen factores que pueden influir en la tasa de oviposición como es el contenido de agua y N en las hojas, características de la planta, edad de las hojas y la densidad de población; Kevi *et al.* (2015), encontraron que las poblaciones de áfidos en plantas jóvenes de nogal, no depende del N, sino de otros nutrimentos o de otros factores abióticos. Stafford *et al.* (2012) reportan que es menor la población de insectos en plantas que crecen en estiércol, en comparación de aquellas que crecen con nitrato de amonio.

Cuadro 3. Respuesta de oviposición de *Spodoptera exigua* en diferentes tratamientos con fertilización orgánica y mineral en espinaca en condiciones de invernadero (número de masas y número de huevos en diferentes periodos de tiempo).

TRT	Núm. de masas de huevo por planta (NMHP)			Núm. de huevos por planta (NHP)		
	24 (h)	48 h)	72 (h)	24 (h)	48 (h)	72 (h)
SN (100%)	0.8 ±0.447 ns	1.6 ±0.894 ns	1.2 ±0.447 ab	5.4 ±6.618 ns	14.8 ±12.95 ns	14.6 ±2.408 a
SN (50%)	0.6 ±0.548 a	1.6 ±1.14 a	1 ±1.225 ab	12.8 ±12.872 a	21 ± 13.928 a	6 ±5.612 ab
SN+COMP	1 ± 0.707 a	1.4 ± 0.548 a	1.8 ± 0.447 a	18.8 ±11.432 a	15.6 ± 7.701 a	14.8 ±7.981 a
COMP	0.6 ±0.548 a	0.8 ±0.837 a	1 ±1.225 ab	1.8 ±1.789 a	23.4 ±21.513 a	10 ±9.3 ab
LIXCON	0.6 ±0.548 a	0.8 ±0.447 a	0 ±0 b	12.8 ±12.716 a	13 ±10.368 a	0 ±0 b
Testigo	1.2 ±1.095 a	0.6 ±0.548 a	0 ±0 b	13.8 ±13.198 a	10.4 ±11.524 a	0 ±0 b
DHS	1.3359	1.5147	1.4721	20.807	26.766	10.932

TRT= tratamiento; SN100%= solución Steiner al 100%, SN50%= solución Steiner al 50%; SN+COMP= solución Steiner más compost de cachaza; COMP= compost de cachaza; LIXCON= lixiviado de conejo; DHS= diferencia honesta significativa. Tratamientos con la misma letra en la columna no difieren significativamente Tukey ($p \leq 0.05$).

El daño que las larvas de segundo instar pueden ocasionar en espinaca son muy notorios, mostrando preferencia por las hojas que se encuentra en medio de la roseta; se encontró diferencias significativas en el peso de larvas (PL), número de daños (ND) y área total de las hojas con daños (ATH) y en área dañada de la hoja (ADH); con respecto al porcentaje de N total, todas las plantas de espinacas con tratamiento presentaron mayor cantidad de N que las plantas del testigo, y de la misma forma presentaron mayor número de hojas (NH). Las larvas alimentadas en los tratamientos LIXCON, SN100% y COMP tuvieron los mayores pesos y próximos a pupar.

En cuanto al peso de las larvas no se encontró una relación con el %N total en hoja (Cuadro 4). No obstante, pudieran existir metabolitos secundarios que proporcionen nutrientes esenciales para *S. exigua* (Saeed *et al.*, 2009). Gash (2012), en trigo de invierno con niveles recomendados de

fertilización encontró que hubo una tasa de crecimiento y fecundidad de áfidos, con el incremento de la fertilización; sin embargo, a dosis mayores la disminución es significativa en la fecundidad por la mayor aplicación de fertilizantes (Figuroa-Brito *et al.*, 2013; Flores-Macías *et al.*, 2016)).

Cuadro 4. Daño en hojas de espinaca por larvas de 2° instar. Efecto de la aplicación de solución Steiner, compost de cachaza y lixiviado de conejo en la postura de masas de huevos en planta, masas de huevo total en todo el sistema y el número de huevos en planta.

TRT	PL (g)	N (%)	NHD	ND	ATH (cm ²)	ADH (cm ²)
SN (100%)	0.148 ±0.058 ab	3.161 ±0.098 a	17.4 ±2.302 a	98.76 ±49.864 ab	255.82 ±73.894 ab	12.204 ±2.667 bc
SN (50%)	0.124 ±0.053 ab	2.931 ±0.08 a	16.4 ±5.459 a	60.2 ±17.152 b	234.78 ±76.509 ab	9.69 ±2.682 bc
SN+COMP	0.086 ±0.049 b	2.512 ±0.08 b	16.8 ±9.97 a	123.6 ±38.507 a	306.69 ±63.162 a	18.68 ±6.859 ab
COMP	0.138 ±0.062 ab	2.522 ±0.262 b	17.8 ±2.193 a	85.2 ±12.438 ab	167.36 ±71.041 b	13.846 ±1.764 abc
LIXCON	0.204 ±0.056 a	2.973 ±0.128 a	17.4 ±5.319 a	91.2 ±30.128 ab	208.41 ±65.061 ab	22.492 ±6.949 a
Testigo	0.096 ±0.032 b	1.884 ±0.077 c	11.2 ±3.271 a	49.04 ±17.404 b	134.56 ±51.414 b	6.576 ±4.05 c
DHS	0.103	0.269	8.3348	59.895	131.73	9.073

TRT= tratamiento; SN (100%)= solución Steiner al 100%; SN (50%)= solución Steiner al 50%; SN+COMP= solución Steiner más compost de cachaza; COMP= compost de cachaza; LIXCON= lixiviado de conejo; NH= número de hojas; N (%)= porcentaje de nitrógeno; NHD= número de hojas dañadas; ND= número de daños; ATH=área total de las hojas con presencia de daños; ADH= área dañada de la hoja, DHS= diferencia honesta significativa. Tratamientos con la misma letra en la columna no difieren significativamente Tukey ($p \leq 0.05$).

Los daños de *S. exigua* fueron muy notorios, mostrando una preferencia por las hojas que se encuentran en medio de la roseta. SN+COMP y LIXCON tuvieron mayor área foliar así como la mayor área dañada, al momento de la cosecha. Las plantas de espinaca asperjadas con SN (50%) o LIXCON registraron similar porcentaje de N, pero el comportamiento de las larvas de *S. exigua* sobre el daño de las hojas de espinaca fue distinto. Este efecto puede deberse a la presencia o ausencia de los demás nutrientes de cada solución. De acuerdo a Stafford *et al.* (2012), el efecto del tipo de abono aplicado a la planta puede afectar la población de insectos; asimismo, la dosis aplicada puede incrementar la población de parasitismo de *S. exigua* (Chen *et al.*, 2014).

Conclusiones

En las variables agronómicas evaluadas, la combinación de solución nutritiva y compost de cachaza estimulan el crecimiento y peso de la planta de espinaca, así mismo se observó que la longitud de la hoja y color más verde fue mayor en comparación con el resto de los tratamientos. De los fertilizantes orgánicos utilizados, el lixiviado de conejo puede ser una alternativa como biofertilizante para una producción orgánica en el cultivo de espinaca. No se encontró una relación entre la oviposición de *S. exigua* y la concentración de N total en el follaje de la espinaca. La combinación de la solución nutritiva completa con abono orgánico presentó mayor daño de *S. exigua* por tener mayor área foliar.

Agradecimientos

A los productores de espinaca del municipio de Los Reyes de Juárez, Puebla.

Literatura citada

- Abramoff, M. D.; Magalhães, P. J. and Ram, S. J. 2004. Image processing with ImageJ, Igitur Archief - Utrecht Publishing and Archiving Service. Portal de Recursos Educativos Abiertos (REA). <http://www.temoa.info/es/node/>.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. Rev. Científ. Téc. Ecol. Medio Amb. 16(1):3-12.
- Aqueel, M. A.; Raza, A. B. M.; Balal, R. M.; Shahid, M. A.; Mustafa, I.; Javaid, M. M. and Leather, S. R. 2015. Tritrophic interactions between parasitoids and cereal aphids are mediated by nitrogen fertilizer. Insect Sci. 22(6):813-820.
- Arana, C. y Marenco, J. 2003. Manual para la producción de cultivos orgánicos. Lechuga y Espinaca. FIAGRO. 31 p.
- Becker, C.; Desneux, N.; Monticelli, L.; Fernandez, X.; Michel, T. and Lavoit, A. V. 2015. Effects of abiotic factors on HIPV-mediated interactions between plants and parasitoids (review). BioMed Res. Inter. DOI: 10.1155/2015/342982. <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/342982/>.
- Belda, J.; Justicia, L.; Pascual, F. y Cabello, T. 1994. Distribución espacial de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera; Noctuidae), en cultivo de pimiento en invernadero. Bol. San. Veg. Plagas 20:287-301.
- Brodbeck, B.; Stavisky, J.; Funderburk, J.; Andersen, P. and Olson, S. 2001. Flower nitrogen status and populations of *Frankliniella occidentalis* feeding on *Lycopersicon esculentum*. Entomol. Exp. Appl. 99(2):165-172.
- Budía, F.; Marco V. y Viñuela, E. 1994. Estudios preliminares de los efectos del insecticida RH-5992 sobre larvas de distintas edades de *Spodoptera exigua* (Hübner) Bol. San. Veg. Plagas. 20:401-408.
- Cabezas, G. M.; Peña, F.; Duarte, H. W.; Colorado, J. F. y Lora S, L. 2009. Un modelo para la estimación del área foliar en tres especies forestales de forma no destructiva. Revista U.D.C.A. Act. Div. Científ. 12:121-130.
- Cease, A. J.; Elser, J. J.; Ford, C. F.; Hao, S.; Kang, L. and Harrison, J. F. 2012. Heavy livestock grazing promotes locust outbreaks by lowering plant nitrogen content. Sci. 335(6067):467-469.
- Chang, S. X. 2003. Seedling sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) half-sib family response to N and P fertilization: growth, leaf area, net photosynthesis and nutrient uptake. Forest Ecol. Manag. 173(1-3):281-291.
- Chen, Y.; Ruberson, J. R. and Olson, D. M. 2008. Nitrogen fertilization rate affects feeding, larval performance, and oviposition preference of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*, on cotton. Entomol. Exp. Appl. 126:244-255.
- Chen, Y.; Ruberson, J. R. and Ni, X. 2014. Influence of host plant nitrogen fertilization on hemolymph protein profiles of herbivore *Spodoptera exigua* and development of its endoparasitoid *Cotesia marginiventris*. Biol. Control. 70:9-16.

- Figueroa, B. A.; Álvarez, H. J. G.; Forero A. F.; Salamanca, C. y Pinzón, L. P. 2012. Determinación de nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materia orgánica. *Temas Agrarios* 7(1):32-43.
- Figueroa-Brito, R.; Villa-Ayala, P.; López-Olguín, J. F, Huerta-de la Peña, A.; Pacheco-Aguilar, J. R. and Ramos-López, M. A. 2013. Nitrogen fertilization sources and insecticidal activity of aqueous seeds extract of *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* in maize. *Cienc. Inves. Agr.* 40:235-252.
- Flores, M. A.; Vela, C. G.; Akhtar, Y.; Ramos, L. M. A.; Rodríguez, G. M. L.; Figueroa, B. R.; Rico, R. M. A. y Pérez, M. V. 2016. Efecto de nitrato de potasio en la producción de ricinina por *Ricinus communis* y su actividad insecticida contra *Spodoptera frugiperda*. *Rev. Fitotec. Mex.* 39(1):41-47.
- Ferreira, T. and Rasband, W. 2011. The imagej user guide 1-44 pp.
- Gash, A. F. J. 2012. Wheat nitrogen fertilization effects on the performance of the cereal aphid *Metopolophium dirhodum*. *Agron.* 2(1):1-13.
- Gols, R. 2014. Direct and indirect chemical defences against insects in a multitrophic framework. *Plant Cell Environ.* 37(8):1741-1752.
- González, M. I.; Del Pozo, A.; Cotronero, D. y Pertierra, R. 2004. Días a floración en espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en diversas épocas de siembra: respuesta a la temperatura y al fotoperiodo. *Agríc. Téc.* 64(4):331-337.
- Hoyos, P.; Álvarez, V. y Rodríguez, A. 2005. Evolución de algunos parámetros morfológicos de la acelga recolectada hoja a hoja. *ITEA* 101(3):225-236.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, London, UK. 248 p.
- Jahn, G. C.; Almazan, L. P. and Pacia, J. B. 2005. Effect of nitrogen fertilizer on the intrinsic rate of increase of *Hysteroneura setariae* (Thomas) (Hom. Aphididae) on rice (*Oryza sativa* L.).- *Environ. Entomol.* 34:938-943.
- Jiménez, J.; Arias, L. A.; Espinoza, L.; Fuentes, L. S; Garzón, C.; Gil, R.; Niño, N. y Rodríguez, M. 2010. El cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y su manejo fitosanitario en Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 1ª Edición. 42 p.
- Kevi, C.; Mace, K. C. and Mills, N. J. 2015. Response of walnut aphid populations to increasing foliar nitrogen content. *Agric. Forest Entomol.* 17(3):277-284.
- Kos, M.; Tuijl, M. A. B.; de Roo, J.; Mulder P. P. J. and Bezemer, T. M. 2015a. Plant- soil feedback effects on plant quality and performance of an aboveground herbivore interact with fertilization. *Oikos* 124(5):658-667.
- Kos, M.; Tuijl, M. A. B.; de Roo, J.; Patrick, P. J.; Mulder, P. P. J. and Bezemer, T. M. 2015b. Species-specific plant–soil feedback effects on above-ground plant- insect interactions. *J. Ecol.* 103(4):904-914.
- Kutyniok, M. and Müller, C. 2013. Plant-mediated interactions between shoot-feeding aphids and root-feeding nematodes depend on nitrate fertilization. *Oecologia.* 173(4):1367-1377.
- Kutyniok, M.; Persicke, M. and Müller, C. 2014. Effects of root herbivory by nematodes on the performance and preference of a leaf-infesting generalist aphid depend on nitrate fertilization. *J. Chem. Ecol.* 40(2):118-127.
- Larbat, R.; Adamowicz, S.; Robin, C.; Han, P.; Desneux, N.; Le Bot, J. 2016. Interrelated responses of tomato plants and the leaf miner *Tuta absoluta* to nitrogen supply. *Plant Biol.* 18(3):495-504.

- Li, J.; Lin, R.; Liu, Z.; Wang, J. and Liu, S. 2008. Effects of long-term located fertilization on leaf area index and light distribution in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agric. Boreali-Sinica* 3.
- Lu, Z. X.; Yu, X. P.; Heong, K. L. and Cui, H. U. 2007. Effect of nitrogen fertilizer on herbivores and its stimulation to major insect pests in rice. *Rice Sci.* 14(1):56-66.
- Luna, J. M. 1988. In global perspectives on agroecology and sustainable agricultural systems, Proc. Sixth. Int. Conference of IFOAM. Santa Cruz, CA. 589-600 p.
- Meir, U. 2001. BBCH Monografía. Estadíos de las plantas mono-y dicotiledóneas. 2^{da}. (Ed). Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 149 p.
- Muchecheti, F.; Madakadze, C. and Soundy, P. 2016. Leaf chlorophyll readings as in indicator of nitrogen status and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in soils amended with *Leucaena leucocephala* Prunings. *J. Plant Nutr.* 39(4):539-561.
- Ode, P. J. 2013. Plant defences and parasitoid chemical ecology. *In: Wajnberg, E. and Colazza, S. (eds.). Chemical ecology of insect parasitoids.* Wiley-Blackwell, John Wiley and Sons, Ltd. UK. 9-36 p.
- Olsen, J. and Weiner, J. 2007. The influence of *Triticum aestivum* density, sowing pattern and nitrogen fertilization on leaf area index and its spatial variation. *Basic App. Ecol.* 8(3):252-257.
- Olson, D. M.; Cortesero, A. M.; Rains, G. C.; Potter, T. and Lewis, W. J. 2009. Nitrogen and water affect direct and indirect plant systemic induced defense in cotton. *Biol. Control.* 49(3):239-244.
- Ortega, A. L. D.; Miranda, A. D. A. y Sandoval, V. M. 2006. Densidad de huevos y ninfas de mosca blanca *Trialeurodes vaporarium* (West.) en *Gerbera jamesonii* H. Bolus con diferentes regímenes de fertilización nitrogenada. *Agrociencia.* 40(3):363-371.
- Phelan, P. L.; Mason, J. F. and Stiner, B. R. 1995. Soil fertility management and host preference by European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on *Zea mays*: a comparison of organic and conventional chemical farming. *Agric. Ecos. Environm.* 56:1-8.
- Rasband, W. S. 2009. ImageJ, Mac OS X. National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA.
- Restrepo, R. J. 2006. Manual práctico. El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. 1^{ra} Edición. 258 p.
- Saeed, S.; Sayyed, A. H. and Ahmad, I. 2009. Effect of host plants on life history traits of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Pest. Sci.* 83:165-172.
- Sauceda, A. C. P.; Lugo, G. G. A.; Villaseñor, M. H. E.; Partida, R. L. y Reyes, O. A. 2015. Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriksson) severity in wheat. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(4):427-434.
- SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's Guide, Statistics Version, 9.1 (Ed). SAS Institute, Cary, NC.
- Serrano, C. Z. 1976. Cultivo de la espinaca. Hojas divulgadoras. Ministerio de Agricultura, Madrid, 6-76 H.
- Stafford, D. B.; Tariq, T.; Wright, D. J.; Rossiter, J. T.; Kazana, E.; Leather, S. R.; Ali, M. and Staley, J. T. 2012. Opposing effects of organic and conventional fertilizers on the performance of a generalist and a specialist aphid species. *Agric. Forest Entomol.* 14(3):270-275.
- Trisnawati, D. W.; Tsukamoto, T. and Yasuda, H. 2015. Indirect effects of nutrients in organic and conventional paddy field soils on the rice grasshopper, *Oxya japonica* (Orthoptera: Acrididae), mediated by rice plant nutrients. *Appl. Entomol. and Zool.* 50(1):99-107.

- Wang, J. J.; Tsai, J. H. and Broschat, T. K. 2006. Effect nitrogen fertilization of corn on the development, survivorship, fecundity and body weight of *Peregrinus maidis* (Hom: Delphacidae). J. Appl. Entomol. 130(1):20-25.
- Xing, S.; Wang, J.; Zhou, Y.; Bloszies, S.A.; Tu, C. and Hu, S. 2015. Effects Of $\text{NH}_4^+\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$ ratios on photosynthetic characteristics, dry matter yield and nitrate concentration of spinach. Exp. Agric. 51(1):151.
- Yardıń, E. N. and Edwards, C. A. 2003. Effects of organic and synthetic fertilizer sources on pest and predatory insects associated with tomatoes. Phytoparasitica. 31(4):324-329.
- Zhang, J.; Zhang, Y. and Cao, L. 2016. Combined effects of water and nitrogen on growth, biomass, and quality of spinach (*Spinacia oleracea* Linn.). Comm. Soil Sci. Plant Anal. 47(1):32-40.