

Los fertilizantes orgánicos disminuyen dos plagas en col forrajera en comparación con el fertilizante sintético

Virginia Sousa¹

Maurício Ursi-Ventura^{2,5}

Fernando Teruhiko-Hata³

Leonel Vinícius-Constantino²

1 Universidade Rovuma-Extensão Niassa-Departamento de Ciências Agrícolas y Alimentarias. Niassa, Lichinga, Mozambique.

2 Universidade Estadual de Londrina-Centro de Ciências Agrícolas. Rodovia Celso García Cid, PR 445 km 380, PO Box 86055-900 Londrina-PR, Brasil.

3 Universidade Estadual de Maringá-Departamento de Agronomia. Av. Colombo, 5790 - Zona 7, PO Box 87020-900, Maringá-PR, Brasil.

Autor para correspondencia: mauricioursiventura@gmail.com

Resumen

La fertilización de las plantas puede tener un impacto directo en el comportamiento y la biología de los insectos plaga. La fertilización se puede lograr utilizando fertilizantes minerales sintéticos u orgánicos. Se evaluó el efecto de diferentes dosis de estiércol de gallina hervido, Penergetic[®], compuesto Bokashi y fertilizante mineral sobre la población adulta de *Bemisia tabaci* y *Myzus persicae* en hojas de col forrajera. El experimento se realizó en invernadero utilizando los tratamientos: Bokashi, bioactivador Penergetic[®], 2.5%, 5% y 7.5% de solución de estiércol hervido, fertilización mineral y el control. El número de insectos se contó directamente en las hojas, y se determinó el contenido de nitrógeno, de potasio y los compuestos fenólicos totales en las hojas. Se observaron poblaciones más altas de *Bemisia tabaci* y *M. persicae* en plantas fertilizadas con NPK en comparación con otros tratamientos. Se encontraron niveles más altos de nitrógeno foliar para las plantas fertilizadas con Bokashi; y se encontraron mayores concentraciones de compuestos fenólicos totales en el control. Se estableció una correlación negativa entre los fenólicos totales y *B. tabaci*, lo que sugiere la importancia de estos compuestos en el desarrollo de la especie. Los resultados indican la importancia de la fuente de fertilización para el manejo sustentable de plagas.

Palabras clave:

Bemisia tabaci, *Brassica oleracea* var. *acephala*, *Myzus persicae*.

Introducción

La col forrajera (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) (Brassicaceae) es una excelente fuente de nutrientes, fenólicos, organosulfurados, carotenoides y otras sustancias bioactivas asociadas a la prevención de muchas enfermedades (Ramírez *et al.*, 2020). Debido a estas características, la hortaliza se consume cada vez más. Entre las principales limitaciones a la producción de col forrajera destaca la incidencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae), los cuales pueden causar importantes daños y pérdidas en la producción. Se supone que *B. tabaci* es un complejo de al menos 40 especies crípticas morfológicamente similares (Li *et al.*, 2021).

Los individuos causan daño directo al alimentarse del floema (de Barro *et al.*, 2011) y daño indirecto como vectores de más de 100 diferentes virus vegetales (Hogenhout *et al.*, 2008). El complejo de pulgones: *M. persicae*; la alimentación de *Lipaphis pseudobrassicae* Davis y *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) provoca clorosis y arrugamiento foliar y por la secreción de solución azucarada, tanto los pulgones como la mosca blanca inducen el desarrollo de hongos de moho, los cuales dificultan la fotosíntesis al cubrir la superficie foliar (Michereff Filho *et al.*, 2021).

Los insecticidas químicos sintéticos se utilizan generalmente para el control de estas plagas; no obstante, a pesar de su eficiencia, con frecuencia se reportan implicaciones negativas en el medio ambiente y la salud humana (Alengebawy *et al.*, 2021). Además, los insectos pueden llegar a ser resistentes a los insecticidas en respuesta a las aplicaciones sistemáticas, lo que dificulta aún más su control. Estas limitaciones generaron esfuerzos para desarrollar estrategias ecoamigables para el manejo de estas y otras plagas.

Investigaciones han sugerido que la fertilización de las plantas influye en la biología de las plagas (Hosseini *et al.*, 2015; Hata *et al.*, 2019; Ramachandran *et al.*, 2020; Sousa *et al.*, 2021). Morales *et al.* (2001) observaron una menor incidencia de pulgones en plantas de maíz fertilizadas con fertilizante orgánico en comparación con aquellas fertilizadas con productos químicos sintéticos. Se observó una mayor densidad de *B. tabaci* en las plantas de tomate utilizando dosis crecientes de nitrógeno (Žanič *et al.*, 2011) y se encontraron resultados similares para *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) (Hosseini *et al.*, 2015).

Cantidades mayores de fertilizante nitrogenado aplicadas en el suelo dan como resultado un aumento de las concentraciones en los tejidos vegetales. Se ha evidenciado una correlación positiva entre las concentraciones de nitrógeno/proteína en las hojas frente a la población de insectos y ácaros que se alimentan del floema (Sousa *et al.*, 2021; Puspitarini *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022). Por otro lado, los metabolitos secundarios como compuestos fenólicos (Hata *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2021), glucosinolatos (Dar, 2021) y terpenoides (Zanin *et al.*, 2021) se correlacionan negativamente con la incidencia.

Los fertilizantes orgánicos como el compost Bokashi, estiércol de gallina hervido y el bioactivador Penergetic® se han utilizado como opciones para producir verduras, hortalizas y frutas (Xavier *et al.*, 2019; Maass *et al.*, 2020; Hata *et al.*, 2021a; Hata *et al.*, 2021b) para sistemas de agricultura orgánica y convencional. Sin embargo, la información sobre el impacto de estos fertilizantes y enmiendas orgánicos en la incidencia de plagas aún es escasa. Por lo tanto, en esta investigación, evaluamos las poblaciones de *B. tabaci* y *M. persicae* fertilizadas con bioactivador Penergetic®, compuesto Bokashi, fertilizante mineral NPK y dosis de estiércol de gallina hervido en plantas de col forrajera en invernadero.

Materiales y métodos

Plántulas de col forrajera cv. Georgia se sembraron en bandejas (23 de diciembre de 2016) y se trasplantaron (24 de enero de 2017) en macetas de 5 L que contenían suelo (Latosol rojo, textura arcillosa) en un invernadero de la Universidade Estadual de Londrina - UEL, (23° 20' 28" S, 51° 12' 34" O, 548 m). En el segundo ciclo, las plantas se sembraron en bandejas el 15 de abril de

2017 y se trasplantaron el 15 de mayo de 2017. Cada maceta correspondía a una parcela. Las plantas se regaron dos veces al día.

No se cumplieron las medidas fitosanitarias. Los tratamientos fueron: control (sin fertilización), dosis de estiércol de gallina hervido (2.5%, 5% y 7.5%), EM Bokashi, bioactivador Penergetic® y fertilizante mineral (15-10-15; 15% nitrógeno, 10% fósforo y 15% potasio).

El estiércol se preparó hirviendo 30 kg de estiércol de gallina fresco durante cuatro horas. A continuación, la solución se filtró y se diluyó hasta las concentraciones utilizadas en el experimento. Los tratamientos de estiércol hervido se aplicaron dos veces por semana (50 ml de solución por planta) a partir de los 38 días después de la siembra (DDS) hasta la última evaluación. Para los tratamientos con Penergetic, 3 g de bioactivador Penergetic k o p se diluyeron en 1.5 L de agua y luego se aplicaron sobre el suelo (Penergetic® k) 38 DDS y se rociaron sobre la planta (Penergetic® p) 68 DDS. La fertilización mineral se aplicó 38 y 48 DDS (10 y 5 g por planta, respectivamente). Bokashi se aplicó 38, 48 y 60 DDS (25 g por planta en cada etapa).

Los insectos que infestaban las plantas se evaluaron dos veces por semana por la mañana, cuando los adultos de *B. tabaci* estaban inmóviles en comparación con los períodos más cálidos del día. Se seleccionaron al azar siete hojas del mismo tamaño por cada parcela, observando cuidadosamente las superficies abaxial y adaxial de las hojas. El mismo procedimiento se realizó para *M. persicae*, evaluando tres hojas por parcela (120 muestras por parcela).

El 24 de marzo de 2017, se recolectaron dieciséis muestras de hojas de cada tratamiento, se limpiaron con agua corriente y agua destilada. A continuación, las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 65° C durante 72 h y las hojas se molieron en un molino.

Para el análisis de nitrógeno, se digirieron 0.1 g de cada muestra a 350 °C, que se incrementó gradualmente en 50 °C cada 30 min, de acuerdo con el método analítico de Kjeldahl. Para la determinación de potasio se utilizó el método de fotometría de llama.

Para la determinación de fenólicos totales se utilizó la metodología de Stratil *et al.* (2006) con modificaciones. Se realizó la extracción de 1 g de hoja fresca con 10 ml de etanol absoluto al 80% (v/v), agitando durante 30 min a 120 rpm (Orbital-New Organic). Posteriormente, el extracto se separó por centrifugación a 2 500 rpm (Excelsa 2 Fanem modelo 205 N) durante 5 minutos.

Para el análisis se utilizó una alícuota de 1 ml de extracto, 1 ml de agua destilada, 1 ml de reactivo Folin-Ciocalteu 0.9 N y 1.0 de carbonato de sodio 10% (m/v). La mezcla permaneció durante 30 min en la oscuridad bajo temperatura ambiente interior. Posteriormente, se midió la absorbancia a 720 nm en un espectrofotómetro Micronal, AJX 1600. Se utilizó ácido gálico como estándar a 0.5, 20, 40, 60, 80, 100, and 150 $\mu\text{g ml}^{-1}$. Los resultados se mostraron como mg de equivalentes de ácido gálico en g por muestra (mg EAG g^{-1}). El análisis se realizó por triplicado.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete repeticiones. Para verificar los supuestos para el análisis de varianza, se realizaron pruebas de homogeneidad de varianza y normalidad. Si se cumplían los supuestos, las medias se comparaban mediante la prueba de Tukey (5%). En caso contrario, se utilizaba la prueba de Friedman (5%). Se utilizó una matriz de correlación de Pearson (1%) en cada una de las variables estudiadas para inferir la relación entre ellas. Se utilizaron los paquetes estadísticos Past (Hammer *et al.*, 2001) y Bioestat 5.0 (Ayres, 2007).

Resultados

En la primera evaluación, mediante el uso de fertilización con NPK, se encontró un mayor número de adultos de *B. tabaci* por hoja ($F= 3.17$, $p< 0.05$) en comparación con los tratamientos sin fertilización y con estiércol hervido 2.5% (Cuadro 1). Otros tratamientos (5%, 7.5%, Bokashi y Penergetic®) fueron intermedios. En la segunda y tercera evaluación, se encontró mayor número de adultos de *B. tabaci* para el tratamiento de fertilización mineral que para los otros tratamientos ($F= 61.27$ y 18.1 , $p< 0.05$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Adultos de poblaciones de *Bemisia tabaci* en hojas de col forrajera bajo diferentes fertilizantes. Londrina, Paraná, Brasil. Febrero a marzo aw23 4 aw23 4 2017.

| Tratamientos | Feb. 24 | Feb. 28 | Mar. 07 | Mar. 10 | Mar. 14 | Mar. 18 | Mar. 24 | Mar. 28 | Media |
|------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Control | 0.25 ±0.41b | 0.34 ±0.41b | 0.23 ±0.16b | 0 ±0b | 0.07 ±0.08b | 0.43 ±0.31a | 0.29 ±0.12a | 0.04 ±0.07a | 0.3 ±0.29b |
| EH 2.5% | 0.31 ±0.27b | 0.54 ±0.34b | 0.46 ±0.4b | 0.25 ±0.14ab | 0.21 ±0.08ab | 0.46 ±0.25a | 0.39 ±0.39a | 0.3 ±0.36a | 0.45 ±0.25b |
| EH 5% | 0.77 ±0.7ab | 0.31 ±0.29b | 0.29 ±0.34b | 0 ±0b | 0.14 ±0.16ab | 0.61 ±0.46a | 0.32 ±0.24a | 0.13 ±0.22a | 0.29 ±0.22b |
| EH 7.5% | 0.98 ±1.21ab | 0.08 ±0.17b | 0.2 ±0.24b | 0.43 ±0.33ab | 0.43 ±0.35ab | 0.35 ±0.32a | 0.12 ±0.16a | 0.12 ±0.16a | 0.34 ±0.31b |
| Penergetic® | 0.88 ±0.7ab | 0.49 ±0.44b | 0.2 ±0.24b | 0.23 ±0.1ab | 0.18 ±0.27ab | 0.46 ±0.38a | 0.18 ±0.07a | 0 ±0a | 0.45 ±0.25b |
| Bokashi | 1.12 ±1ab | 0.46 ±0.46b | 0.43 ±0.58b | 0.64 ±0.41ab | 0.93 ±0.76ab | 1.29 ±0.9a | 1.85 ±0.59a | 2.81 ±1.54a | 1.51 ±0.71b |
| Mineral (NPK) | 2.15 ±0.87a | 4.48 ±0.19a | 2.98 ±0.98a | 3.92 ±0.41a | 5.19 ±2.74a | 5.8 ±1.85a | 3.26 ±1.54a | 3.46 ±0.54a | 3.82 ±0.99a |
| CV (%) | 87.29 | 97.84 | 9.18 | 35.21 | 104.52 | 64.95 | 66.58 | 65.93 | 77.01 |
| F o Fr | 3.17 | 61.27 | 18.1 | 18.75 | 14.14 | 12.18 | 15.86 | 16.26 | 11.12 |

EH= estiércol hervido; N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio. Medias ± DE dentro de una columna seguida de la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0.05$) o la prueba de Friedman (χ^2) ($p > 0.05$).

En la cuarta evaluación, se evaluaron más adultos de *B. tabaci* en las plantas fertilizadas con NPK que el 5% del estiércol hervido y el control. En la quinta evaluación, se observó un mayor número en NPK que en el tratamiento control (74 veces más insectos). Las medias de todas las evaluaciones indicaron 6.82 veces más insectos en los tratamientos con NPK que las medias de los restantes.

En las evaluaciones quinta, sexta y general de *M. persicae* en el primer ciclo, se observaron diferencias entre tratamientos ($F = 17.41, p < 0.05$; $F = 14.94, p < 0.05$; $F = 61.03, p < 0.05$). En la quinta y sexta evaluación, se encontró un mayor número de adultos de *M. persicae* en el NPK que en el resto de los tratamientos (Cuadro 2). Para el segundo ciclo, se observó una mayor magnitud de diferencias para la cuarta evaluación, en la que los tratamientos de NPK contra pulgones fueron mayores que todos los demás tratamientos (medias 5.48 veces más). En cuanto a las medias generales de las evaluaciones, también se encontraron poblaciones más grandes para el tratamiento con NPK (Cuadro 3) (dos veces más insectos).

Cuadro 2. Adultos de poblaciones de *Myzus persicae* en hojas de col forrajera bajo diferentes fertilizantes, primer ciclo de febrero a marzo de 2017. Londrina, Paraná, Brasil.

| Tratamientos | Feb. 24 | Feb. 28 | Mar. 07 | Mar. 10 | Mar. 17 | Mar. 24 | Mar. 28 | Media |
|--------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------------|
| Control | 1.17 ±1.37a | 0.5 ±1a | 3.75 ±4.84a | 0.22 ±0.31a | 6 ±4.25b | 0.78 ±0.42b | 9.33 ±13.29a | 3.11 ±2.23b |
| EH 2.5% | 1.67 ±1.33a | 0 ±0a | 2.25.8 ±4.5a | 0.25 ±0.5a | 2.5 ±3b | 0 ±0b | 0 ±0a | 0.81 ±0.91b |
| EH 5% | 0.33 ±0.47a | 0 ±0a | 0 ±0a | 0.42 ±0.5a | 10.58 ±13.02b | 12.83 ±16.19a | 10.58 ±19.64a | 1.79 ±2.4b |
| EH 7.5% | 2 ±2.31a | 3.75 ±3.28a | 3.67 ±3.71a | 2.67 ±4.49a | 17.75 ±21.24b | 0.68 ±0.94b | 14.33 ±26.49a | 3.06 ±2.29b |
| Penergetic® | 0.33 ±0.67a | 4.67 ±5.16a | 1.67 ±3.33a | 0.25 ±0.32a | 0.5 ±1b | 3.17 ±2.38a | 2.42 ±2.82a | 1.86 ±1.36b |
| Bokashi | 0.25 ±0.5a | 3.92 ±6.18a | 8.42 ±16.17a | 1.67 ±2.91a | 2.75 ±3.77b | 0 ±0b | 6.08 ±7.32a | 1.59 ±2.24b |

| Tratamientos | Feb. 24 | Feb. 28 | Mar. 07 | Mar. 10 | Mar. 17 | Mar. 24 | Mar. 28 | Media |
|---------------|---------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Mineral (NPK) | 0 ±0a | 4.33 ±3.41a | 15.11 ±19.52a | 28.58 ±42.13a | 68.79 ±16.72a | 43.92 ±14.84a | 23.08 ±15.83a | 22.06 ±1.71a |
| CV (%) | 175.4 | 144.91 | 202.15 | 330.01 | 74.61 | 95.35 | 159.55 | 39.8 |
| F | 1.35 | 1.48 | 1.06 | 1.71 | 17.41 | 14.94 | 1.07 | 61.03 |

EH= estiércol hervido; N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio. Medias ± DE dentro de una columna seguida de la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0.05$) o la prueba de Friedman (χ^2) ($p > 0.05$).

Cuadro 3. Adultos de poblaciones de *Myzus persicae* en hojas de col forrajera bajo diferentes fertilizantes, segundo ciclo Julio 2017. Londrina. Paraná. Brasil.

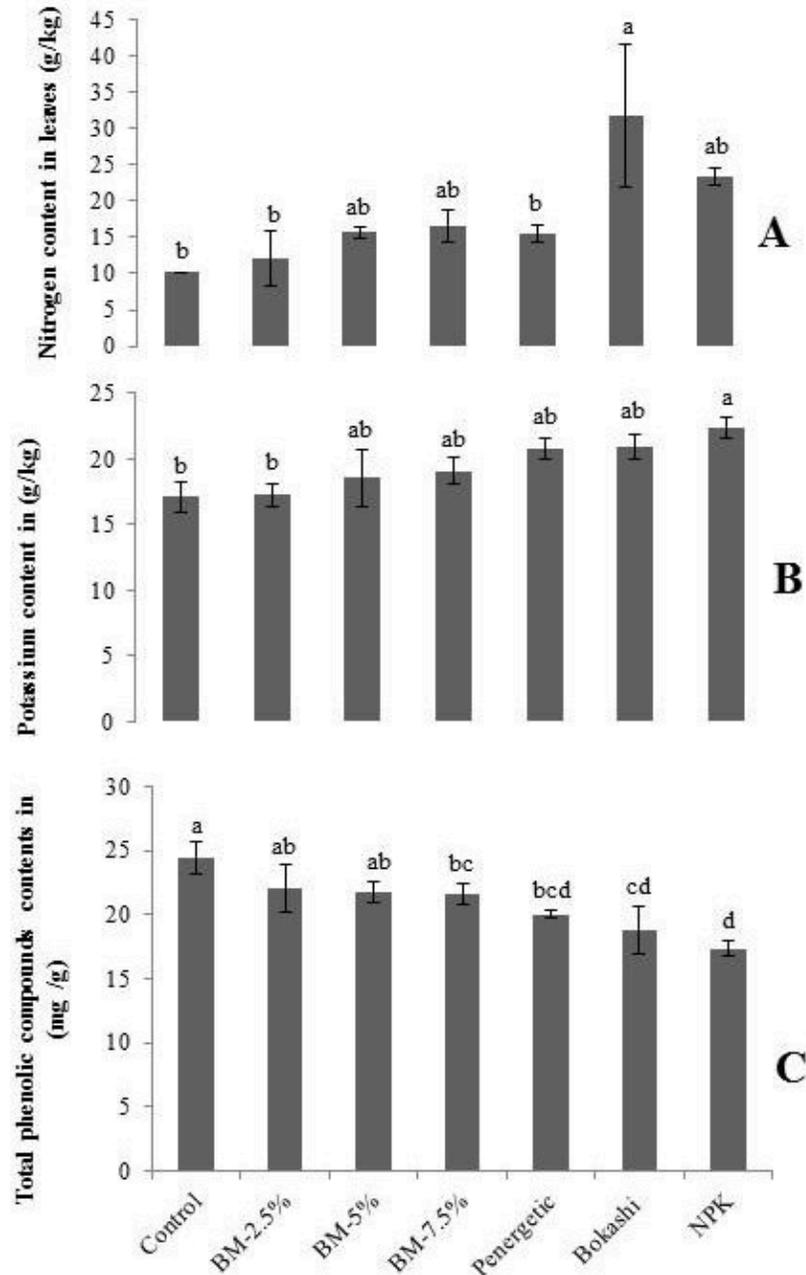
| Tratamientos | Jun. 11 | Jun. 16 | Jun. 20 | Jun. 24 | Jun. 28 | Media |
|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Control | 2.08 ±3.95 a | 4.25 ±2.95 ab | 9.33 ±5.53 a | 7 ±3.63 b | 6.38 ±4.71 a | 5.81 ±0.73 b |
| EH 2.5% | 0.92 ±0.2 a | 3.67 ±2.58 ab | 16.08 ±4.76 a | 6.5 ±4.43 b | 6.83 ±3.18 a | 6.8 ±0.73 ab |
| EH 5% | 1.92 ±2.78 a | 7.33 ±0.98 a | 7 ±8.29 a | 3.58 ±2.66 b | 9.08 ±3.46 a | 5.78 ±1.95 b |
| EH 7.5% | 4.58 ±3.04 a | 4.75 ±2.44 ab | 6.33 ±5.57 a | 3.33 ±2.74 b | 9.42 ±4.79 a | 5.68 ±2.48 b |
| Penergetic® | 0.33 ±0.47 a | 5.5 ±1.91 ab | 12.75 ±7.41 a | 6.08 ±3.68 b | 4.58 ±4.57 a | 5.85 ±2.34 b |
| Bokashi | 2.58 ±0.42 a | 1.83 ±1.29 b | 9.72 ±6.33 a | 6.33 ±6.72 b | 5.22 ±2.86 a | 5.14 ±2.66 b |
| Mineral (NPK) | 1.67 ±0.38 a | 5 ±1.25 ab | 12.17 ±5.59 a | 30 ±12.84 a | 10.67 ±5.94 a | 11.9 ±3.48 a |
| CV (%) | 110 | 44.19 | 50.38 | 30.57 | 58.19 | 39.8 |
| F o Fr | 1.5 | 2.74 | 1.68 | 7.4 | 1.12 | 61.03 |

EH= estiércol hervido; N= nitrógeno; P= fósforo; K= potasio. Medias ± DE dentro de una columna seguida de la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($p > 0.05$) o la prueba de Friedman (χ^2) ($p > 0.05$).

Se observaron mayores contenidos de nitrógeno en las plantas fertilizadas con Bokashi que en el control, estiércol hervido 2.5% y Penergetic (Figura 1A). Se encontraron niveles más altos de potasio en las plantas fertilizadas con NPK que con estiércol hervido 2.5% y en el control (Figura 1B). Para los fenólicos totales, se encontraron mayores contenidos para el tratamiento control que para NPK, Bokashi, Penergetic y estiércol hervido 7.5% (Figura 1C).



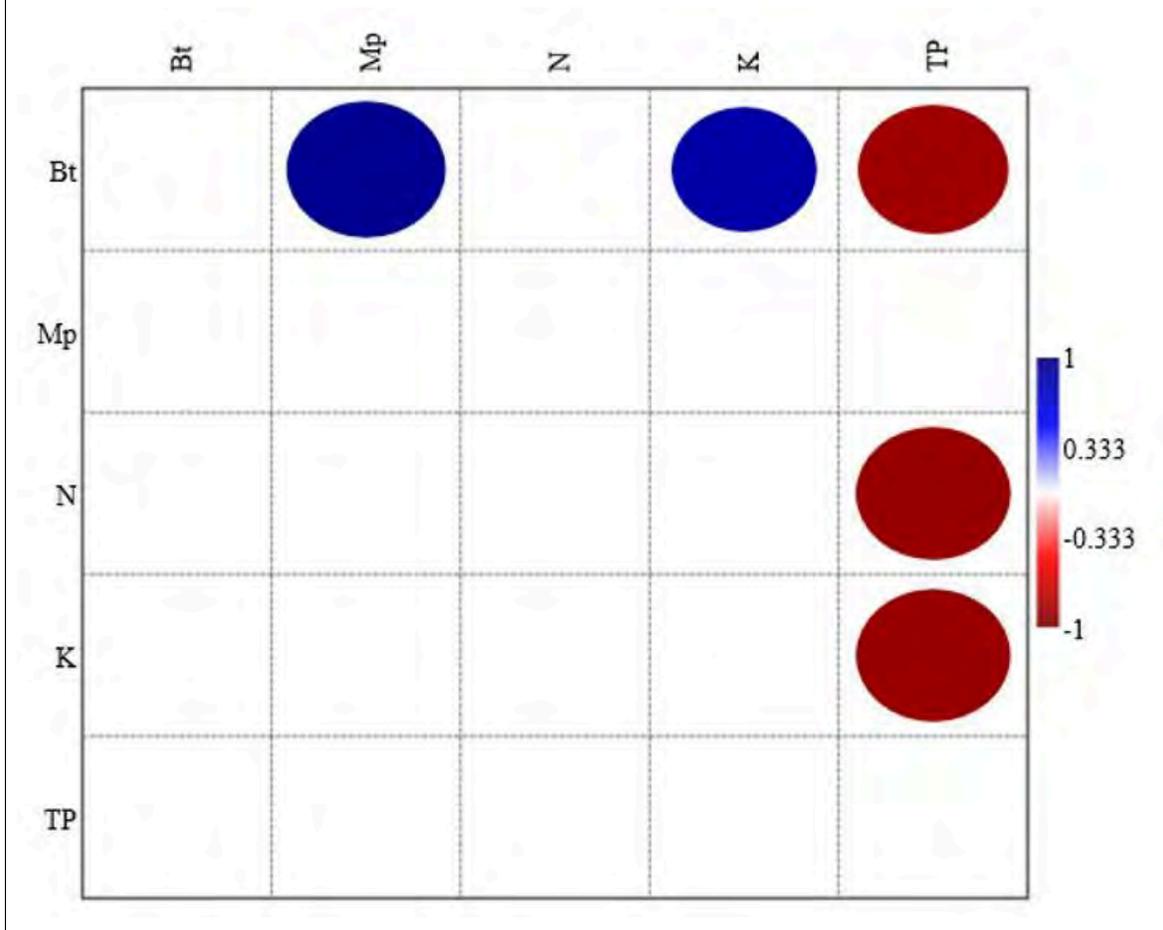
Figura 1. Contenido foliar de nitrógeno (A); potasio (B) y compuestos fenólicos totales (C), presentes en hojas de col forrajera fertilizadas con diferentes dosis y fuentes de fertilizantes orgánicos. Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($\alpha=5\%$). Las barras en las columnas indican la desviación estándar de febrero a junio de 2017. Londrina, PR, Brasil.



Se encontraron correlaciones positivas entre la población de *B. tabaci* y *M. persicae* ($r^2=0.92$; $p<0.01$); *B. tabaci* y contenido de potasio en hojas ($r^2=0.84$; $p<0.01$) (Figura 2). Se observó una

correlación negativa entre los fenólicos totales y *B. tabaci* ($r^2 = -0.87$; $p < 0.01$), nitrógeno ($r^2 = -0.9$; $p < 0.01$) y potasio ($r^2 = -0.9$; $p < 0.01$) (Figura 2).

Figura 2. Matriz de correlación de Pearson entre las variables evaluadas en el experimento. Bt= *Bemisia tabaci*; Mp= *Myzus persicae*; N= nitrógeno; K= potasio; TP= fenólicos totales. El color azul representa el coeficiente de correlación '+1' y el color rojo representa el coeficiente de correlación '-1'. Solo se mostraron correlaciones significativas ($p < 0.05$) de febrero a junio de 2017. Londrina, PR, Brasil.



Discusión

Los tratamientos afectaron el contenido de los dos nutrientes estudiados (Figura 1). El contenido de nitrógeno en el presente estudio fue generalmente menor que el encontrado en las plantas de col forrajera fertilizadas con purín de cerdo, estiércol de aves de corral y urea, el cual varió de 29 a 35.7 g kg⁻¹ N en las hojas de col forrajera (Steiner *et al.*, 2019). Los contenidos de potasio para los tratamientos de control y estiércol hervido fueron similares al estudio anteriormente citado, en el cual varió de 17.1 a 18.7 g kg⁻¹ K (Steiner *et al.*, 2019).

El nitrógeno es uno de los nutrientes más importantes para el desarrollo de las plantas, pero también afecta a la susceptibilidad de las plantas a los artrópodos, principalmente a los insectos chupadores de floema (Bala y Tahir, 2018). No obstante, en el presente estudio no se observó correlación entre el nitrógeno y los insectos evaluados. Del mismo modo, no se reportó relación entre el nitrógeno y *Delia radicum* L. o *B. brassicae* sobre colza (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg) (Szwarc *et al.*, 2021).

Anteriormente, la atracción de *B. tabaci* en plantas de tomate bajo fertilización con NPK se elevó de 29.4 (dosis recomendada) a 37.2 (2× fertilización recomendada) (Idriss *et al.*, 2015). El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados se identificó como promotor de desequilibrios en el metabolismo de las plantas debido a la degradación de las proteínas que libera aminoácidos solubles, que son fácilmente asimilables por los insectos, favoreciendo así la infestación de plagas (Chaboussou, 1987). Estudios anteriores también indicaron que cantidades más altas de fertilizante nitrogenado cambian el perfil volátil, atrayendo a más adultos de *B. tabaci* en ensayos de olfatómetro (Islam *et al.*, 2017).

Se observó una correlación positiva entre el potasio y *B. tabaci* (Figura 2), lo que también se observó previamente al evaluar poblaciones de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en hojas de fresa (Hata *et al.*, 2019). Sin embargo, el contenido de potasio en las hojas se correlaciona negativamente con las infestaciones de artrópodos debido a la mejora de los compuestos secundarios y la reducción de la acumulación de carbohidratos (Bala *et al.*, 2018).

Se observó una disminución de las poblaciones de *Hydrellia philippina* Ferino (Diptera: Ephydriidae), *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae), *Scirpophaga incertulas* Walker (Lepidoptera: Crambidae) en arroz (*Oryza sativa* L.) después de aspersiones foliares de fosfato de dihidrógeno de potasio (Chatterjee *et al.*, 2021). En el presente estudio, las poblaciones de *B. tabaci* y *M. persicae* fueron mayores en las plantas fertilizadas con NPK que en las plantas fertilizadas orgánicamente o sin fertilización. Del mismo modo, en las plantas de col forrajera fertilizadas químicamente, se observaron mayores poblaciones de *B. brassicae* y *M. persicae* que en las plantas fertilizadas orgánicamente (Cividanes *et al.*, 2020).

En el repollo, la reducción de las poblaciones de *M. persicae* se obtuvo mediante la fertilización de las plantas con enmiendas orgánicas (Staley *et al.*, 2010). También se observaron poblaciones de pulgones más bajas en maíz cultivado con fertilización orgánica que en los que utilizaron fertilizantes sintéticos formulados (Morales *et al.*, 2001). Aunque los niveles de N fueron más altos en el tratamiento con Bokashi y similares al tratamiento con NPK, Bokashi no desencadenó el crecimiento de las poblaciones de insectos *B. tabaci* y *M. persicae* por planta.

Las enmiendas y los fertilizantes orgánicos liberan nitrógeno y otros nutrientes lentamente y mejoran la comunidad microbiana (Rowen *et al.*, 2019). Mediante el uso de fertilizantes orgánicos, se ha reportado un aumento de la abundancia de insectos depredadores (Peñalver-Cruz *et al.*, 2019). Además, el número de enemigos naturales fue incluso mayor que el de plagas (*B. brassicae*, *M. persicae* y *B. tabaci*) en las plantas de col forrajera fertilizadas orgánicamente que en las plantas fertilizadas químicamente (Cividanes *et al.*, 2020).

Luego, el abono orgánico puede activar las defensas indirectas al aumentar la producción de sustancias químicas defensivas, modificando los volátiles de las plantas inducidos por los herbívoros (Rowen *et al.*, 2019), lo que debería atraer o “llamar” a más enemigos naturales para el control de plagas. La fertilización y las enmiendas orgánicas, además de aumentar los niveles de N, también pueden aumentar los compuestos secundarios. En el caso de las plantas de las especies de Brassicaceae, se han reportado aumentos de hasta tres veces en los glucosinolatos (compuestos ricos en azufre) (Staley, 2010).

Los fertilizantes orgánicos pueden proporcionar una serie de nutrientes, incluido el azufre, que se incluyen en la composición de los glucosinolatos. En estas condiciones, los insectos generalistas como *B. tabaci* y *M. persicae* estarían desfavorecidos. Los compuestos fenólicos también pueden afectar los parámetros biológicos o reducir las poblaciones de plagas-artrópodos (Hata *et al.*, 2019; Sousa *et al.*, 2021).

Esto se observó a través de una correlación negativa entre los fenólicos totales y *B. tabaci* (Figura 2). En un estudio controlado anterior, las preferencias de aterrizaje y oviposición de *B. tabaci* en el repollo se correlacionaron negativamente con el contenido fenólico total (Yang *et al.*, 2020). Los compuestos fenólicos también pueden exhibir efectos tóxicos y anti-alimentarios en los insectos (Singh *et al.*, 2021).

Los resultados aquí reportados pueden ser relevantes para comprender la dinámica de los insectos, principalmente en el cultivo orgánico, para desarrollar estrategias de manejo adecuadas. Debido al menor desarrollo de plagas mediante el uso de fertilizantes orgánicos, se puede facilitar la adopción de un enfoque sostenible, evitando los pesticidas. Al utilizar enmiendas que desfavorecen la aparición de insectos plaga, las medidas complementarias como extractos botánicos, control biológico, plantas repelentes, etc., pueden funcionar mejor.

Conclusiones

En resumen, se encontró un mayor número de adultos de *B. tabaci* y *M. persicae* en plantas fertilizadas con NPK. Las plantas fertilizadas con el compuesto Bokashi mostraron mayor contenido de N que las fertilizadas con estiércol hervido 2.5%, el control y con Penergetic. En general, las plantas fertilizadas con NPK mostraron mayor contenido de K que el control y el estiércol hervido 2.5%, mientras que el resto de los tratamientos fueron intermedios. Se encontraron correlaciones positivas entre la población de *B. tabaci* y de *M. persicae*, *B. tabaci* y el contenido de potasio en las hojas. Por lo demás, se observó una correlación negativa entre los fenólicos totales y *B. tabaci*, el nitrógeno y el potasio.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) por el apoyo financiero y el otorgamiento de la beca, a la Universidade Estadual de Londrina (UEL), al Programa de Posgrado en Agronomía, a los técnicos de laboratorio de suelos.

Bibliografía

- 1 Alengebawy, A.; Abdelkhalek, S. T.; Qureshi, S. R. and Wang, M. Q. 2021. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications. *Toxics*. 9(3):42.
- 2 Ayres, M.; Ayres Jr., M.; Ayres, D. L. e dos Santos, A. A. S. 2007. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas* Belém: sociedade civil mamirauá, . 5th Ed. Conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico, Brasília. 364 p.
- 3 Bala, K.; Sood, A. K.; Pathania, V. S. and Thakur, S. 2018. Effect of plant nutrition in insect pest management: a review. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*. 7(4):2737-2742.
- 4 Chaboussou, F. 1987. *Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose*. 2 Ed. Porto alegre. 108-256.
- 5 Chatterjee, S.; Mallick, R.; Gangopadhyay, C.; Halder, P.; Dana, I. and Choudhury, B. 2021. Critical role of potassium and sodium salts against insect-pest complex of rice. *Int. J. Rice*. 58(3):409-418.
- 6 Cividanes, F. J.; Silva, K. P. D.; Martins, I. C. F. and Cividanes, T. M. D. S. 2020. Phytophagous insects and natural enemies in kale under organic and chemical fertilizers. *Arq. Inst. Biol.* 87(1):1-7.
- 7 de Barro, P. J.; Liu, S. S.; Boykin, L. M. and Dinsdale, A. B. 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. *Annu. Rev. Entomol.* 56(1): 1-19.
- 8 Hammer, Ø.; Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. 2001. PAST-Palaeontological statistics. *Palaeontol. Electronica*. 4(1):1-9.
- 9 Hata, F. T.; de Paula, M. T.; Moreira, A. A.; Ventura, M. U.; de Lima, R. F.; de Freitas Fregonezi, G. A. and Oliveira, A. L. M. 2021a. Organic fertilizations and fertigation with chicken boiled manure for organic crop. *Rev. de la Fac. de Agron.* 38(2):342-359.

- 10 Hata, F. T.; Ventura, M. U.; de Souza, M. S. D. J.; Sousa, N. V.; Oliveira, B. G. and da Silva, J. B. 2019. Mineral and organic fertilization affects *Tetranychus urticae*; pseudofruit production and leaf nutrient content in strawberry. *Phytoparasitica*. 47(4):513-521.
- 11 Hata, F. T.; Ventura, M. U.; Fregonezi, G. A. F. and Lima, R. F. 2021b. Bokashi.; boiled manure and Penergetic applications increased agronomic production variables and may enhance powdery mildew severity of organic tomato plants. *Horticulturae*. 7(2):27.
- 12 Hogenhout, S. A.; Ammar, E. D.; Whitfield, A. E. and Redinbaugh, M. G. 2008. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 46(1):327-359.
- 13 Hosseini, A.; Hosseini, M.; Goldani, M.; Karimi, J. and Madadi, H. 2015. Effect of nitrogen fertilizer on biological parameters of the *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphidiae) and associated productivity losses in common globe amaranth. *J. Agric. Sci. Technol.* 17(6):1517-1528.
- 14 Idriss, M. H.; El-Meniawi, F. A.; Rawash, I. A. and Soliman, A. M. 2015. Effects of different fertilization levels of tomato plants on population density and biometrics of the cotton whitefly.; *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) under greenhouse conditions. *Middle East J. Appl. Sci.* 5(3):759-786.
- 15 Islam, M. N.; Hasanuzzaman, A. T. M.; Zhang, Z. F.; Zhang, Y. and Liu, T. X. 2017. High level of nitrogen makes tomato plants releasing less volatiles and attracting more *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Front. Plant. Sci.* 8(1):466.
- 16 Li, Y.; Mbata, G. N.; Punnuri, S. and Simmons, A. M. and Shapiro-Ilan, D. I. 2022. *Bemisia tabaci* on vegetables in the Southern United States: incidence; impact; and management. *Insects*. 12(3):198.
- 17 Li, Z.; Xu, B.B; Du, T.; Ma, Y.; Tian, X.; Wang, F. and Wang, W. 2021. Excessive nitrogen fertilization favors the colonization; survival; and development of *Sogatella furcifera* via bottom-up effects. *Plants*. 10(5):875.
- 18 Maass, V.; Céspedes, C. and Cárdenas, C. 2020. Effect of Bokashi improved with rock phosphate on parsley cultivation under organic greenhouse management. *Chil. J. Agric. Res.* 80(3):444-451.
- 19 Michereff Filho, M.; Melo, R. D. C.; Guimaraes, J.; Moura, A. P.; Sousa, N. D. M.; Schmidt, F.; Nagata, A. K. I.; Specht, A.; Zawadneak, M. A. C.; Lopes, L. H. R.; Ribeiro, M. G. P. M.; Silva, O. S. and Torres, J. 2021. Guia para identificação de pragas dos brócolis e da couve-flor. *Embrapa hortaliças documentos (Infoteca-E)*. 22-48 p.
- 20 Morales, H.; Perfecto, I. and Ferguson, B. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 84(2):145-155.
- 21 Peñalver-Cruz, A.; Alvarez-Baca, J. K.; Alfaro-Tapia, A.; Gontijo, L. and Lavandero, B. 2019. Manipulation of agricultural habitats to improve conservation biological control in South America. *Neotrop. Entomol.* 48(6):875-898.
- 22 Puspitarini, R. D.; Fernando, I.; Rachmawati, R.; Hadi, M. S. and Rizali, A. 2021. Host plant variability affects the development and reproduction of *Tetranychus urticae*. *Int. J. Acarol.* 47(5):381-386.
- 23 Ramachandran, S.; Renault, S.; Markham, J.; Verdugo, J.; Albornoz, M. and Avila-Sakar, G. 2020. Lower nitrogen availability enhances resistance to whiteflies in tomato. *Plants* . 9(9):1096.
- 24 Ramirez, D.; Abellán-Victorio, A.; Beretta, V.; Camargo, A. and Moreno, D. A. 2020. Functional ingredients from Brassicaceae species: Overview and perspectives. *Int. J. Mol. Sci.* 21(6):1998.
- 25 Rowen, E.; Tooker, J. F. and Blubaugh, C. K. 2019. Managing fertility with animal waste to promote arthropod pest suppression. *Biol. Control.* 134(1):130-140.

- 26 Singh, S.; Kaur, I. and Kariyat, R. 2021. The multifunctional roles of polyphenols in plant-herbivore interactions. *Int J Mol Sci.* 22(3):1442.
- 27 Sousa, V.; Ventura, M. U.; Hoshino, A. T.; Hata, F. T. and Constantino, L. V. 2021. Development and population growth of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on strawberry fertilized with different doses and sources of organic fertilizers. *Int. J. Acarol.* 47(6):528-535.
- 28 Staley, J. T.; Stewart-Jones, A.; Pope, T. W.; Wright, D. J.; Leather, S. R.; Hadley, P.; Rossiter, J. T.; Emden, H. F. and Poppy, G. M. 2010. Varying responses of insect herbivores to altered plant chemistry under organic and conventional treatments. *Proc. R. Soc. B: Biol. Sci.* 277(1682):779-786.
- 29 Steiner, F.; Zuff, A. M.; Echer, M. M. and Guimarães, V. F. 2019. Collard green yield and nutritional quality with mineral and organic fertilization. *Semina: Ciênc. Agrár.* 40(51):2165-2178.
- 30 Stratil, P.; Klejdus, B. and Kubán, V. 2006. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. *J. Agric. Food Chem.* 54(3):607-616.
- 31 Szwarc, J.; Niemann, J.; Bocianowski, J.; Jakubus, M. and Mrówczyński, M. 2021. Connection between nutrient content and resistance to selected pests analyzed in Brassicaceae hybrids. *Agriculture.* 11(2):94.
- 32 Tlak, G. I. and Dar, S. A. 2021. Plant allelochemicals as sources of insecticides. *Insects.* 12(3):189.
- 33 Yang, J.; Xie, W.; Liu, B.; Wang, S.; Wu, Q.; He, Y.; Zhang, Y. and Jiao, X. 2020. Phenolics rather than glucosinolates; mediate host choice of *Bemisia tabaci* MEAM1 and MED on five cabbage genotypes. *J. Appl. Entomol.* 144(4):287-296.
- 34 Xavier, M. C. G.; Santos, C. A.; Costa, E. S. P. and Carmo, M. G. F. 2019. Produtividade de repolho em função de doses de bokashi. *Rev. Agricult. Neotrop.* 6(1):17-22.
- 35 Zanin, D. S.; Resende, J. T. V.; Zeist, A. R.; Lima Filho, R. B.; Gabriel, A.; Diniz, F. C. P.; Perrud, A. C.; and Morales, R. G. F. 2021. Selection of F₂BC₁ tomato genotypes for processing containing high levels of zingiberene and resistant to tomato pinworms. *Phytoparasitica.* 49(2):265-274.
- 36 Žaniš, K.; Dumiš, G.; Škaljac, M.; Ban, S. G. and Urliš, B. 2011. The effects of nitrogen rate and the ratio of NO³⁻:NH⁴⁺ on *Bemisia tabaci* populations in hydroponic tomato crops. *Crop. Prot.* 30(2):228-233.



Los fertilizantes orgánicos disminuyen dos plagas en col forrajera en comparación con el fertilizante sintético

| |
|------------------------------------------------------------------------------------|
| Journal Information |
| Journal ID (publisher-id): remexca |
| Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas |
| Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc |
| ISSN (print): 2007-0934 |
| Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias |

| |
|---------------------------------------|
| Article/Issue Information |
| Date received: 01 March 2024 |
| Date accepted: 01 May 2024 |
| Publication date: 31 May 2024 |
| Publication date: May-Jun 2024 |
| Volume: 15 |
| Issue: 4 |
| Electronic Location Identifier: e3448 |
| DOI: 10.29312/remexca.v15i4.3448 |

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

Bemisia tabaci

Brassica oleracea var. acephala

Myzus persicae

Counts

Figures: 2

Tables: 3

Equations: 0

References: 36

Pages: 0