

## Manejo sustentable del suelo para producción de verduras orgánicas en el Estado de México

Lucia Juárez-Rodríguez<sup>1</sup>  
Claudia Isabel Hidalgo-Moreno<sup>2S</sup>  
Francisco Hernández-López<sup>2</sup>  
Juliana Padilla Cuevas<sup>2</sup>  
Jorge D. Etchevers<sup>2</sup>

1 Becaria del COMECYT-Programa de Edafología-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. (luciajuarez071094@gmail.com).

2 Programa de Edafología-Colegio de Postgraduados-Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56230. (chisco-oneone@hotmail.com; jpadic@colpos.mx; jetchev@colpos.mx).

Autora para correspondencia: [hidalgo@colpos.mx](mailto:hidalgo@colpos.mx).

### Resumen

Un número creciente de agricultores del este del Estado de México producen alimentos sanos y de calidad que venden en tianguis orgánicos locales. Las prácticas agrícolas que emplean han sido escasamente evaluadas y se corre el riesgo que la producción intensiva de alimentos a largo plazo resulte en la disminución de la fertilidad y productividad de los suelos. Se estudió el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos en *Brassica rapa* L. var. *chinensis* (pak choi) y *Brassica oleracea* L. var. *acephala* (kale) en dos ciclos de crecimiento (primavera verano y otoño invierno) y en la calidad química del suelo. Los experimentos de campo se realizaron, en los municipios de Teotihuacán y Texcoco, Estado de México. El diseño experimental fue bloques al azar. Los tratamientos ensayados fueron: composta 10 t ha<sup>-1</sup>, composta 10 t ha<sup>-1</sup> + supermagro al 4%, supermagro al 4% y testigo sin aplicación. Se evaluaron variables de respuesta morfológicas, rendimiento de los cultivos e indicadores de calidad química del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, N<sub>Kjeldahl</sub>, P<sub>Olsen</sub> y las bases de intercambio K, Ca, Mg y Na). Los resultados se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.0. En ambos sitios la aplicación de estos fertilizantes orgánicos aumentó el rendimiento comercial de ambas verduras, así como algunas variables morfológicas. Los tratamientos experimentados mejoraron o al menos mantuvieron, la fertilidad inicial de los suelos, en el corto plazo.

### Palabras clave:

*Brassica oleracea* L. var. *acephala*, *Brassica rapa* L. var. *chinensis*, fertilizantes orgánicos, indicadores de calidad del suelo.



## Introducción

El crecimiento acelerado de la población trae consigo el incremento de la demanda de alimentos. La intensificación de la agricultura puede contribuir a la degradación (Kopittke *et al.*, 2019) e infertilidad del suelo (Imadi *et al.*, 2016). La producción intensiva de alimentos, particularmente la comercial, impone un sistema agrícola que demanda el uso de agroquímicos que pueden provocar problemas ambientales y de salud (Kopittke *et al.*, 2019).

Para enfrentar este problema, se han adoptado estrategias de agricultura sustentable, entre ellas, la agricultura orgánica o ecológica (Reeve *et al.*, 2016). La incorporación al suelo de fertilizantes o abonos orgánicos es una práctica que cobra importancia por los beneficios que éstos aportan a la fertilidad y a otras propiedades de los suelos (Muñoz-Villalobos *et al.*, 2014; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2020; Bhunia *et al.*, 2021).

Un número creciente de agricultores en pequeño de Texcoco y Teotihuacán, Estado de México producen alimentos sanos y de calidad que venden en tianguis orgánicos locales. El efecto de los fertilizantes orgánicos en la fertilidad de los suelos cultivados ha sido poco estudiado. El estado de la fertilidad que guarda un suelo se realiza mediante la evaluación de sus características y propiedades físicas, químicas y biológicas.

En el presente estudio se trabajó con dos verduras chinas de reciente introducción en el sector de interés: pak choi o repollo chino sin cabeza (*Brassica rapa* L. var. *chinensis*) y kale o col rizada (*Brassica oleracea* var. *acephala*). El pak choi se caracteriza por su rápido crecimiento y desarrollo (50-60 días después de la siembra). El crecimiento de kale es más lento, pero tiene la ventaja de empezar a cosecharse a los 70 días después de la siembra y seguir formando hojas continuamente, su ciclo productivo es más largo que el pak choi. Las hojas de pak choi y kale cubren rápidamente la superficie del suelo y lo protegen de la erosión hídrica y eólica.

El kale ha ganado gran popularidad como 'superalimento', por su alto contenido de Ca biodisponible, riboflavina, vitamina K, C y A, fibras, minerales como K, Mg, Fe, Cu, etc. (Šamec *et al.*, 2018). El pak choi aporta vitamina B<sub>9</sub>, A, E y minerales como K, Mg, Ca, Mn, Fe, Ni, etc. (Khan *et al.*, 2022).

Los trabajos publicados en el mundo que evalúan ambas hortalizas reportan escasa o nula información acerca de las propiedades y características de los suelos en los que se cultivan porque la mayor parte de la producción se realiza bajo sistemas de agricultura protegida. Los objetivos del presente estudio fueron: 1) evaluar en condiciones de campo, el efecto de fertilizantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento de pak choi y kale; y 2) determinar el efecto de la aplicación de estos fertilizantes orgánicos en las características y propiedades químicas del suelo después de dos ciclos de cultivo en dos sitios del Estado de México.

## Materiales y métodos

### Establecimiento del cultivo

Los experimentos se establecieron en dos localidades del Estado de México, 1) Purificación, Teotihuacán y 2) San Luis Huexotla, Texcoco. El clima en Teotihuacán es templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura entre 14 a 16 °C y en Texcoco es semiseco con lluvias en verano, temperatura de 6 a 16 °C.

En ambos sitios la duración de los experimentos fue de 7 meses (junio-diciembre de 2021) y comprendió dos ciclos de crecimiento: primavera-verano (PV) del 30 de junio al 05 de agosto en Teotihuacán y del 30 de julio al 07 de septiembre en Texcoco y otoño-invierno (OI) del 26 de agosto al 13 de octubre en Teotihuacán y del 24 de septiembre al 03 de noviembre en Texcoco. El trasplante a campo se realizó cuando las plántulas alcanzaron una altura de 6-10 cm, 2-3 hojas verdaderas y 21-28 días después de la siembra (DDS). Dado el mayor periodo de crecimiento del kale, las plantas establecidas en PV se mantuvieron para OI.

En Teotihuacan se utilizaron camas de siembra de 25 m de largo por 1.2 m de ancho y en cada cama cinco hileras de cultivo separadas a 25 cm. La distancia de siembra del kale y el pak choi fue 30 y 20 cm entre plantas, con densidades del 13.8 y 20.8 plantas  $m^{-2}$ , respectivamente. En Texcoco se manejaron surcos de 110 m de largo separados a 80 cm, los cultivos se establecieron a doble hilera, a tres bolillos y densidad de siembra de 8.3 plantas  $m^{-2}$  en kale y 12.5 plantas  $m^{-2}$  en pak choi. En Teotihuacán el riego fue por goteo y en Texcoco riego rodado.

## Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. En ambos casos se tomaron tres plantas centrales como unidad de muestreo. Se evaluaron cuatro tratamientos: testigo (T1), composta 10 t  $ha^{-1}$  (T2), composta 10 t  $ha^{-1}$  + supermagro al 4% (T3), supermagro al 4% (T4). El tratamiento testigo (T1) ie. la condición del suelo del productor o referencia (el productor de Teotihuacán incorporó restos de sus cultivos, algo de material compostado, pero nada de fertilizante químico porque es productor orgánico, además practica la rotación de sus hortalizas, el productor de Texcoco no aplica ningún tipo de fertilización).

La composta se incorporó al suelo antes del ciclo PV en ambas localidades. El supermagro (biofertilizante líquido) se aplicó al 4% (40 ml  $L^{-1}$ ) a las hojas del cultivo y al suelo, un día después de trasplante (DDT) y con una frecuencia de 14 días. El pak choi recibió tres aplicaciones por ciclo y el kale ocho aplicaciones en total.

## Evaluación de variables agronómicas en campo

Las variables de respuestas morfológicas y de rendimiento se evaluaron al final de cada ciclo de producción: 56 DDS en pak choi y a los 70 y 160 DDS en kale. Para pak choi: 1) altura de planta (AL) hasta el ápice de la hoja más grande; 2) número de hojas con valor comercial (NHC); 3) diámetro de roseta (DR) medida la mitad de la altura de la planta; 4 y 5) longitud y ancho del peciolo de la hoja más grande (LP y ANP, respectivamente); 6 y 7) peso fresco y seco de la roseta (PFR y PSR, respectivamente), PSR seco en estufa a 70 °C hasta peso constante; y 8) rendimiento comercial por hectárea (REN).

Para kale: 1) altura de planta (AL); 2) número total de hojas con valor comercial por planta (NHC); 3 y 4) largo y ancho de hoja (LH y ANH, respectivamente) (promedio de hojas cosechadas en cada corte); 5 y 6) peso fresco y seco de la parte aérea de la planta (PFA y PSA, respectivamente); y 7) rendimiento comercial por hectárea.

## Muestreo y análisis de suelo

Se realizaron dos muestreos de suelo en cada localidad, uno antes del establecimiento del cultivo (suelo inicial) y otro a la cosecha. En ambos casos la muestra se tomó a una profundidad 0-20 cm. Se conformaron muestras compuestas: 15-20 submuestras del suelo inicial y 5-10 submuestras de cada tratamiento evaluado (a la cosecha).

En el suelo se evaluó: 1) pH en agua (1:2); 2) conductividad eléctrica (CE); 3) materia orgánica (MO); 4)  $N_{Kjeldahl}$  (N); 5)  $P_{Olsen}$ ; y 6) cationes intercambiables (K, Ca, Mg y Na), (SEMARNAT, 2002).

## Análisis estadístico

A todas las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza (Anova) con el diseño experimental bloques completos al azar. Las variables con efecto significativo se sometieron a la comparación múltiple de medias empleando la LSD ( $p \leq 0.05$ ). En todos los casos se usó el paquete estadístico SAS v. 9.0 (SAS Institute, 2002).

## Resultados y discusión

Parámetros morfológicos y rendimiento de pak choi y kale. La producción de pak choi en Teotihuacan durante el ciclo PV (Cuadro 1), mostró que el tratamiento con supermagro al 4% (T4) presentó los mayores valores de: altura de planta ( $29 \pm 2.5$  cm), diámetro de roseta ( $56.5 \pm 4.3$  cm), ancho de peciolo ( $2 \pm 0.2$  cm), peso fresco de roseta ( $202.7 \pm 39.9$  g), peso seco de roseta ( $13.7 \pm 2.1$  g) y un rendimiento comercial de  $42 \pm 7.9$  t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 1. Parámetros morfológicos y de rendimiento de 'Pak Choi White' en Teotihuacán.**

Tratamiento	NHC	DR (mm)	AL (cm)	LP (cm)	ANP (cm)	PFR (g planta <sup>-1</sup> )	PSR (g planta <sup>-1</sup> )	REN (t ha <sup>-1</sup> )
Primavera-verano								
T1) testigo	7.2	52.5	28.5	14	1.8	183.5	13.2	38.2
T2) composta	7	50.7	26.2	13.5	1.9	165.7	11.5	34.5
T3) com +super	7	53	27	12.5	1.8	161.2	11	33.7
T4) supermagro	7.2	56.5	29	14	2	202.7	13.7	42
DMS	1.99	8.36	2.93	2.57	0.36	49.97	3.26	10.34
Otoño-invierno								
T1) testigo	7.5	34.5	22.2	9	1.7	66.5	6.2	13.7
T2) composta	7.5	30.5	20.7	8.5	1.5	47.5	5	10
T3) com +super	7.7	34.2	23	10	1.8	71.7	6.5	15
T4) supermagro	7.5	31.2	21	8.7	1.7	55.5	5.5	11.5
DMS	1.22	6.54	2.93	2.03	0.42	26.84	2.19	5.6

com+super= composta +supermagro; AL= altura de planta; NHC= número de hojas con valor comercial; DR= diámetro de roseta; LP= longitud de peciolo; ANP= ancho de peciolo; PFR= peso fresco de roseta; PSR= peso seco de roseta; REN= rendimiento comercial por hectárea; DMS= diferencia mínima significativa, prueba de LSD ( $p \leq 0.05$ )

En OI fue la combinación composta + supermagro (T3) la que mostró mayor: altura de planta ( $23 \pm 2.6$  cm), longitud de peciolo ( $10 \pm 1.7$  cm), ancho de peciolo ( $1.8 \pm 0.2$  cm), peso fresco de roseta ( $71.7 \pm 19$  g), peso seco de roseta ( $6.5 \pm 1.5$  g) y rendimiento comercial ( $15 \pm 4$  t ha<sup>-1</sup>). En ambos ciclos, las variables evaluadas en el testigo fueron similares o un poco menores a las de los mejores tratamientos (T4 ciclo PV y T3 ciclo OI), atribuible al manejo orgánico aplicado por el productor.

En el sitio de Texcoco se destaca en PV el efecto de T3 que favoreció: la altura ( $29.6 \pm 2.8$  cm), diámetro de roseta ( $24.2 \pm 3.6$  cm), peso fresco de roseta ( $260.3 \pm 49.9$  g) y rendimiento comercial ( $32.5 \pm 6.2$  t ha<sup>-1</sup>) de pak choi (Cuadro 2). En OI fue el supermagro (T4) el que presentó los valores más altos en la mayoría de las variables medidas, que es atribuible al efecto residual de este producto.



**Cuadro 2. Parámetros morfológicos y de rendimiento de 'Pak Choi White' en Texcoco.**

Tratamiento	AL (cm)	NHC	DR (mm)	LP (cm)	ANP (cm)	PFR (g planta <sup>-1</sup> )	PSR (g planta <sup>-1</sup> )	REN (t ha <sup>-1</sup> )
Primavera-verano								
T1) testigo	25.9	11.6	17.5	11.6	3	167.1	13.1	21
T2) composta	28.5	13.2	21.8	13	3.6	251	18.3	31.2
T3) com +super	29.6	12.6	24.2	12.8	3.4	260.3	16.8	32.5
T4) supermagro	27.5	12.5	22	12	3	246.2	17.9	30.7
DMS	5.26	1.85	6.4	2	1.07	138.14	5.64	16.81
Otoño-invierno								
T1) testigo	18.2	8.8	10.2	6.2	1.4	43.7	3.8	5.5
T2) composta	18.7	9.6	11.2	6.6	1.5	53.7	4.6	6.7
T3) com +super	19.5	8.6	10.7	6.4	1.5	50	4.2	6.5
T4) supermagro	19.9	9.5	11	6.6	1.6	80.1	6.2	10.2
DMS	4.08	2.37	3.21	1.7	0.49	60.54	4.67	7.51

com+super= composta +supermagro; AL= altura de planta; NHC= número de hojas con valor comercial; DR= diámetro de roseta; LP= longitud de peciolo; ANP= ancho de peciolo; PFR= peso fresco de roseta; PSR= peso seco de roseta; REN= rendimiento comercial por hectárea; DMS= diferencia mínima significativa, prueba de LSD ( $p \leq 0.05$ )

El efecto positivo del supermagro (T4) y de la combinación de éste con la composta (T3) se asocia a la aplicación foliar del primero que mejorar la absorción de nutrientes (Bindraban *et al.*, 2015). El desempeño del kale en Teotihuacán (Cuadro 3) indicó que T2 condujo a mayor peso fresco aéreo ( $351 \pm 35.4$  g), peso seco aéreo ( $56.5 \pm 7.4$  g) y rendimiento comercial ( $48.7 \pm 4.8$  t ha<sup>-1</sup>). La aplicación de supermagro (T4) solo o combinado con composta (T3) no aumentó las variables morfológicas y de rendimiento, lo que se explica por el manejo orgánico que realiza el productor de este sitio.

Para esta verdura en el sitio de Texcoco se destacó el efecto de T3 que condujo a los mayores valores de peso fresco aéreo ( $388.3 \pm 155$  g), peso seco aéreo ( $57 \pm 10.1$  g) y rendimiento comercial ( $32.34 \pm 12.9$  t ha<sup>-1</sup>).

**Cuadro 3. Variables morfológicas y de rendimiento de 'Kale Verde' en dos localidades del Estado de México.**

Tratamiento	NHC	AL (cm)	LH (cm)	ANH (cm)	PFA (g planta <sup>-1</sup> )	PSA (g planta <sup>-1</sup> )	REN (t ha <sup>-1</sup> )
Teotihuacán							
T1) testigo	24.7	31.2	24.7	10.2	289	49.7	40.2
T2) composta	28.5	33.2	27.2	11	351	56.5	48.7
T3) com +super	24.2	31.5	25.5	10.7	306.5	46	42.2
T4) supermagro	28.5	31.2	23.7	10.2	307.5	49.2	42.7
DMS	4.64	7.72	3.8	0.99	96.26	14.77	13.32
Texcoco							

Tratamiento	NHC	AL (cm)	LH (cm)	ANH (cm)	PFA (g planta <sup>-1</sup> )	PSA (g planta <sup>-1</sup> )	REN (t ha <sup>-1</sup> )
T1) testigo	22.4	27.5	21.4	10.2	323.9	53.7	26.98
T2. Composta	24.2	28.8	21.8	9.7	315.7	50.5	26.3
T3) com +super	25.2	31.5	24.9	10.8	388.3	57	32.34
T4) supermagro	23.2	28.5	22.8	9.8	314.2	54	26.18
DMS	2.87	7.8	5.37	1.43	134.99	11.74	11.24

Com+Super= composta +supermagro; AL= altura; NHC= número de hojas comerciales; LH= largo de hoja; ANH= ancho de hoja; PFA= peso fresco aéreo; PSA= peso seco aéreo REN= rendimiento comercial; DMS= diferencia mínima significativa, prueba de LSD ( $p \leq 0.05$ )

Si bien, no se obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) de las variables morfológicas y rendimiento del pak choi y kale como consecuencia de la adición de fertilizantes orgánicos (composta y supermagro solo o combinado) en ambos sitios si se observó un efecto benéfico en algunas de estas variables.

Puesto que, el metabolismo de ambas hortalizas es de crecimiento rápido, 56 días para pak choi y 160 días para kale, ambas demandan mayor cantidad de nutrientes minerales para su desarrollo en corto plazo que otros cultivos de más lento desarrollo, con lo cual la aplicación de supermagro (cada 15 días) y posiblemente su dosis (4%) fueron insuficientes para provocar diferencias significativas en las variables morfológicas y rendimiento en el corto plazo de evaluación del experimento.

Los ciclos de producción PV y OI y la localidad Teotihuacán y Texcoco afectaron significativamente ( $p \leq 0.05$ ) el crecimiento y desarrollo de pak choi. La comparación de medias (LSD  $p \leq 0.05$ ) mostró que la mayor productividad de pak choi se obtuvo en el ciclo PV y que ésta fue mayor en Teotihuacán que en Texcoco. Esto reflejó la influencia de las condiciones climáticas en la producción de pak choi, como lo reportaron Kalisz *et al.* (2012); Acikgoz (2016).

Propiedades químicas del suelo. El suelo de Teotihuacán presentó un pH (H<sub>2</sub>O, 1:2) moderadamente alcalino, durante todo el experimento, indicador del poder amortiguador del suelo causado por la adición de las enmiendas orgánicas. La CE se incrementó de 0.1 dS m<sup>-1</sup> hasta 0.7 dS m<sup>-1</sup> en ambos periodos (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Propiedades químicas del suelo de Teotihuacán al inicio y fin del experimento.**

Tratamiento	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)	N (%)	P <sub>Olsen</sub> (ppm)	K (cmol kg <sup>-1</sup> )	Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	Na (cmol kg <sup>-1</sup> )
Pak choi									
Suelo inicial	8.1 b	0.1 c	3.2 a	0.19 a	94 a	3 a	19 b	14 b	0.8 a
T1) testigo	8.4 a	0.65 b	2.8 b	0.15 b	78 ab	4 a	24 a	16 a	0.7 ab
T2) composta	8.4 a	0.65 b	2.6 b	0.17 ab	73 ab	4 a	23 a	16 a	0.7 ab
T3) com +super	8.4 a	0.7 a	2.8 b	0.17 ab	77 ab	4 a	23 a	15 a	0.6 b
T4) supermagro	8.4 a	0.62 b	2.6 b	0.15 b	68 b	4 a	23 a	16 a	0.7 ab
DMS	0.1	0.02	0.42	0.04	24.11	1.52	3.39	1.31	0.14
CV (%)	0.9	4	10.1	16.6	20.7	26.6	10.8	6.1	14.2
Kale									

Tratamiento	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO	N	P <sub>Olsen</sub>	K	Ca	Mg	Na
			(%)						
Suelo inicial	8.1 a	0.1 b	3.2 a	0.19 a	94 a	3 a	19 b	14 b	0.8 a
T1) testigo	8.2 a	0.37 a	2.8 b	0.15 a	72 ab	3 a	23 a	17 a	0.6 b
T2) composta	8.3 a	0.42 a	2.8 b	0.12 a	78 ab	3 a	24 a	18 a	0.7 ab
T3) com +super	8.2 a	0.4 a	2.5 b	0.12 a	59 b	3 a	21 ab	17 a	0.6 ab
T4) supermagro	8.2 a	0.4 a	2.6 b	0.15 a	65 b	3 a	23 a	17 a	0.6 ab
DMS	0.12	0.08	0.44	0.06	25.89	1.53	3.69	1.65	0.12
CV (%)	1.1	19.9	10.6	30.5	23.3	33.2	11.9	7.2	12.3

com+super= composta +supermagro; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma letra dentro de la columna no difieren estadísticamente según la prueba de LSD ( $p \leq 0.05$ ).

El N, considerado como alto (0.19%), mostró un ligero descenso (0.12%) al igual que el contenido de MO (3.2 a 2.5%). La aplicación de fertilizantes orgánicos permitió conservar la concentración de estos elementos en el suelo cercanos a valores iniciales, antes del establecimiento de las plantas, con excepción del P<sub>Olsen</sub> (94 ppm) que disminuyó hasta 59 ppm. Las altas concentraciones iniciales de N y P<sub>Olsen</sub> responden al manejo orgánico que practica el productor del sitio.

El Ca y Mg intercambiables en el suelo, inicialmente altos (SEMARNAT, 2002), en general aumentaron aún después del experimento (14 a 18 cmol Mg kg<sup>-1</sup> y 19 a 24 cmol Ca kg<sup>-1</sup>) en ambos las diferencias son estadísticamente significativas. El K intercambiable del suelo varió alrededor de 3 a 4 cmol kg<sup>-1</sup> y el sodio intercambiable disminuyó de (0.8 a 0.6 cmol kg<sup>-1</sup>). En el suelo de Texcoco, el pH (H<sub>2</sub>O, 1:2) varió alrededor de 8 (Cuadro 5). La conductividad eléctrica se mantuvo durante todo el experimento <0.2 dS m<sup>-1</sup>.

**Cuadro 5. Propiedades químicas del suelo de Texcoco al inicio y fin del experimento.**

Tratamiento	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO	N	P <sub>Olsen</sub>	K	Ca	Mg	Na
			(%)						
Pak choi									
Suelo inicial	8.2 a	0.2 a	2.8 a	0.11 b	38 a	2 a	38 ab	13 b	1.4 a
T1) testigo	8.2 a	0.19 a	2.7 a	0.16 ab	42 a	2 a	40 ab	15 a	1.2 a
T2) composta	8.2 a	0.2 a	3 a	0.16 ab	55 a	2 a	39 ab	14 ab	1.2 a
T3) com +super	8.2 a	0.23 a	3 a	0.17 ab	53 a	2 a	35 b	15 a	1.3 a
T4) supermagro	8.3 a	0.2 a	2.6 a	0.2 a	57 a	2 a	41 a	15 a	1.4 a
DMS	0.12	0.11	0.4	0.06	36.11	0.63	4.94	1.73	0.37
CV (%)	1	39	10	31.1	53	25.2	8.9	8.5	19.1
Kale									
Suelo inicial	8.2 a	0.2 a	2.8 a	0.11 b	38 a	2 ab	38 a	13 b	1.4 a
T1) testigo	8.4 a	0.16 a	2.7 a	0.14 ab	27 a	1 b	36 a	14 ab	1.4 a

Tratamiento	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO (%)	N	P <sub>Olsen</sub> (ppm)	K	Ca	Mg (cmol kg <sup>-1</sup> )	Na
T2) composta	8.4 a	0.13 a	3 a	0.19 a	37 a	2 a	35 a	15 a	1.4 a
T3) com +super	8.3 a	0.16 a	2.8 a	0.15 ab	38 a	2 a	34 a	15 a	1.4 a
T4) supermagro	8.4 a	0.15 a	2.8 a	0.15 ab	35 a	2 ab	37 a	15 a	1.4 a
DMS	0.18	0.12	0.37	0.05	15.57	0.46	4.3	1.67	0.36
CV (%)	1.5	51	9.2	28.4	30.4	19.9	8.2	8.1	17.9

com+super= composta +supermagro; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación. Medias con la misma letra dentro de la columna no difieren estadísticamente según la prueba de LSD ( $p \leq 0.05$ ).

Estos valores indican una reacción moderadamente alcalina y sin problemas de salinidad (SEMARNAT, 2002). La MO considerada como media se mantuvo alrededor de 3% durante todo el experimento. El N se mantuvo o incrementó ligeramente (0.11 a 0.2%) como resultado de los aportes de materiales orgánicos. El P<sub>Olsen</sub> del suelo aumentó de 38 ppm hasta 57 ppm o se mantuvo cercana a la concentración inicial del suelo. Se reafirma que los fertilizantes orgánicos conservan o mejoran la fertilidad del suelo.

La mayor concentración de P<sub>Olsen</sub> en el suelo con pak choi (42-57 ppm), respecto al obtenido con kale (27-38 ppm) sugiere que este último posee mayor capacidad de extracción, lo cual estaría asociado a un mayor número y longitud de raíces laterales (Hammond *et al.*, 2009). Las concentraciones de P<sub>Olsen</sub> en el suelo con kale se consideran bajas para los cultivos hortícolas de corta duración (Yan *et al.*, 2013).

Las concentraciones de las bases intercambiables: Ca (35-40 cmol kg<sup>-1</sup>), Mg (13-15 cmol kg<sup>-1</sup>), K (1-2 cmol kg<sup>-1</sup>) y Na (1.2-1.4 cmol kg<sup>-1</sup>) se consideran adecuadas para la producción de este tipo de cultivos (Kopittke y Menzies, 2007) y se ajustan a los requerimientos reportados para Brassicas (Pennington y Fisher, 2010). El K, Ca, Mg y P son elementos minerales que se han reportado como los más importantes en diversos cultivares de kale (Waterland *et al.*, 2017). Se observó una tendencia de asociación positiva entre el N y el P del suelo con el rendimiento y peso fresco y seco de pak choi, de manera similar a lo reportado por Liao *et al.* (2019).

## Conclusiones

La aplicación de fertilizantes orgánicos favoreció la altura, ancho de peciolo, peso de roseta y rendimiento comercial de pak choi e incrementaron el rendimiento comercial, el largo y ancho de hoja y el peso de la parte aérea en kale, en ambos sitios de estudio.

Este efecto fue más evidente en el sitio de Texcoco, donde el productor no aplica nada, que en Teotihuacán donde el productor tiene un manejo orgánico. La producción de pak choi fue superior en el ciclo primavera-verano que en el de otoño-invierno, lo que evidencia el efecto del factor climático en el desarrollo de esta verdura.

La concentración en el suelo de nitrógeno, materia orgánica y P<sub>Olsen</sub> disminuyó en el sitio Teotihuacán, pero la aplicación de fertilizantes orgánicos permitió conservar los niveles de estos elementos cercanos a los iniciales. En el sitio de Texcoco la condición química del suelo se mejoró al incrementarse el nitrógeno y se conservó la fertilidad inicial al mantenerse la concentración de materia orgánica y P<sub>Olsen</sub>. En general, en ambos sitios aumentaron las concentraciones de Ca y Mg en el suelo, elementos altamente demandados por estas verduras.

Estos resultados son concluyentes en cuanto al efecto benéfico de la aplicación de fertilizantes orgánicos en la producción de pak choi y kale, pero no en cuanto al aumento de los porcentajes de N y MO en el suelo, efectos que es poco probable sean concluyentes por el corto tiempo en del experimento.



## Agradecimientos

A los productores Enrique Orestes González y Omar González Espinosa, al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, Programa de Estancias de Investigación Especializadas COMECYT-EDOMEX y al Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Química Ambiental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

## Bibliografía

- 1 Acikgoz, F. E. 2016. Seasonal variations on quality parameters of Pak Choi (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis* L.). *Advances in Crop Science and Technology*. 4(4):1-5. [10.4172/2329-8863.1000233](https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000233).
- 2 Bhunia, S.; Bhowmik, A.; Mallick, R. and Mukherjee, J. 2021. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: a review. *Agronomy*. 11(5):1-25. [10.3390/agronomy11050823](https://doi.org/10.3390/agronomy11050823).
- 3 Bindraban, P. S.; Dimkpa, C.; Nagarajan, L.; Roy, A. and Rabbinge, R. 2015. Revisiting fertilizers and fertilization strategies for improved nutrient uptake by plants. *Biology and Fertility of Soils*. 51:897-911. <https://doi.org/10.1007/s00374-015-1039-7>.
- 4 Hammond, J. P.; Broadley, M. R.; White, P. J.; King, G. J.; Bowen, H. C.; Hayden, R.; Meacham, M. C.; Mead, A.; Overs, T.; Spracklen, W. P. and Greenwood, D. J. 2009. Shoot yield drives phosphorus use efficiency in *Brassica oleracea* and correlates with root architecture traits. *Journal of Experimental Botany*. 60(7):1953-1968. Doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erp083>.
- 5 Hernández-Rodríguez, O. A.; Ojeda-Barrios, D. L.; López-Díaz, J. C. y Arras-Vota, A. M. 2020. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*. 4(1):1-6. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/719>.
- 6 Imadi, S. R.; Shazadi, K.; Gul, A. and Hakeem, K. R. 2016. Sustainable crop production system. In *Plant, Soil and Microbes*. Ed. Springer. Suiza. 103-116 pp. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3-6>.
- 7 Kalisz, A.; Kostrzewa, J.; SezKara, A.; Grabowska, A. and Cebula, S. 2012. Yield and nutritional quality of several non-heading chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *chinensis*) cultivars with different growing period and its modelling. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 30(6):650-656. <http://dx.doi.org/10.7235/hort.2012.12108>.
- 8 Khan, W. A.; Hu, H.; Ann, C. T.; Hao, Y.; Ji, X.; Wang, J. and Hu, C. 2022. Untargeted metabolomics and comparative flavonoid analysis reveal the nutritional aspects of pak choi. *Food Chemistry*. 1(383). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132375>.
- 9 Kopittke, P. M. and Menzies, N. W. 2007. A review of the use of the basic cation saturation ratio and the "ideal" soil. *Soil Science Society of America Journal*. 71(2):259-265. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0186>.
- 10 Kopittke, P. M.; Menzies, N. W.; Wang, P.; McKenna, B. A. and Lombi, E. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*. 132:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>.
- 11 Liao, J.; Ye, J.; Liang, Y.; Khalid, M. and Huang, D. 2019. Pakchoi antioxidant improvement and differential rhizobacterial community composition under organic fertilization. *Sustainability*. 8(11):1-16. Doi: <https://doi.org/10.3390/su11082424>.
- 12 Muñoz-Villalobos, J. A.; Velásquez-Valle, M. A.; Osuna-Ceja, E. S. y Macías-Rodríguez, H. 2014. El uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 13(1):27-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545054005>.

- 13 Pennington, J. A. T. and Fisher, R. A. 2010. Food component profiles for fruit and vegetable subgroups. *Journal of Food Composition and Analysis*. 23(5):411-418. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.008>.
- 14 Reeve, J. R.; Hoagland, L. A.; Villalba, J. J.; Carr, P. M.; Atucha, A.; Cambardella, C.; Davis, D. R. and Delate, K. 2016. Organic farming, soil health, and food quality: considering possible links. In: *Advances in Agronomy*. Elsevier Inc. 319-367 pp.
- 15 Šamec, D.; Urli#, B. and Salopek, S. B. 2018. Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 59(15):1-37. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1454400>.
- 16 SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. Release 9.0. SAS Institute. Cary, NC.
- 17 SEMARNAT. 2002. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana) que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. México, DF.
- 18 Waterland, N. L.; Moon, Y.; Tou, J. C.; Kim, M. J.; Pena, Y. E. M. and Park, S. 2017. Mineral content differs among microgreen, baby leaf and adult stages in three cultivars of kale. *HortScience*. 52(4):566-571. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11499-16>.
- 19 Yan, Z.; Liu, P.; Li, Y.; Ma, L.; Alva, A.; Dou, Z.; Chen, Q. and Zhang, F. 2013. Phosphorus in China's intensive vegetable production systems: overfertilization, soil enrichment, and environmental implications. *Journal of Environment Quality*. 42(4):982-989. <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0463>.



## Manejo sustentable del suelo para producción de verduras orgánicas en el Estado de México

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 June 2024
Publication date: 24 October 2024
Publication date: Aug-Sep 2024
Volume: 15
Issue: 6
Electronic Location Identifier: e3395
DOI: 10.29312/remexca.v15i6.3395

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

#### Palabras clave:

*Brassica oleracea* L. var. *acephala*

*Brassica rapa* L. var. *chinensis*

fertilizantes orgánicos

indicadores de calidad del suelo.

### Counts

Figures: 0

Tables: 5

Equations: 0

References: 19

Pages: 0