

Artículo Científico

Producción de kale en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero

Production of Kale in different substrates under greenhouse conditions

Jordán Ordaz Gallegos¹, Julio Sánchez Escudero¹, Jonathan E. Márquez de la Cruz¹, Ivan Cabanzo Atilano², María de las Nieves Rodríguez Mendoza^{1*}

¹Postgrado en Agroecología y Sustentabilidad, ²Postgrado en Edafología. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, CP 56230

*Correspondencia: marinie@colpos.mx (María de las Nieves Rodríguez Mendoza)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v15i1.757>

Recibido: 19 de enero de 2021; Aceptado: 28 de mayo de 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Resumen

El objetivo de la investigación fue comparar el crecimiento y desarrollo de cultivares de kale en diferentes sustratos en condiciones de invernadero. Bajo un diseño factorial (4 x 3), cultivares Chinese, Siberiano, Rusian y Etiopia se sembraron en almácigos y trasplantaron en; 1) tezontle rojo de 0.3 cm + sol. Steiner, 2) mezcla de vermicompost-perlita-suelo de monte y 3) mezcla bocashi-perlita-suelo de monte, en un diseño experimental completamente al azar. A la cosecha (4 meses después) se midieron variables de desarrollo, así como NO₃⁻, K⁺ y Ca²⁺ en extracto celular de peciolo. La altura de planta, el área foliar y peso seco de las plantas, así como el contenido de nitratos en extracto celular se incrementaron notablemente cuando el sustrato fue tezontle con solución Steiner. La respuesta del cultivo a vermicompost y bocashi fue estadísticamente igual en los cuatro cultivares. El Área Foliar Específica y Relación de Área Foliar variaron como respuesta a la fuente de nutrición en cada cultivar. Los cultivares de kale de la investigación que carecen de potencial comercial como *Brassica oleracea* var *acephala* son una alternativa viable para producir fácilmente y consumir por el ser humano por ser una hortaliza con alto contenido de antioxidantes y minerales.

Palabras Clave: *Brassica oleracea*, *B. juncea*, *B. carinata*, sustratos orgánicos, índices de crecimiento, extracto celular de peciolo.

Abstract

The objective of the research was to compare the growth and development of kale (*Brassica oleracea*) crops in different substrates under greenhouse conditions. Under a factorial design (4 x 3), cultivars Chinese, Siberian, Russian and Ethiopia were sown in seedlings and transplanted in; 1) red tezontle of 0.3 cm + Steiner solution, 2) vermicompost-perlite-forest soil mixture and 3) bocashi-

perlite-forest soil mixture, in a completely randomized experimental design. At harvest (4 months later) development variables were measured; NO_3^- , K^+ and Ca^{2+} in petiole cell extract. Plant height, leaf area and the dry weight of the leaf area, as well as the content of nitrates in the cellular extract, increased notably when the substrate was tezontle and Steiner. The response of the crop to vermicompost and bocashi was statistically the same in the four substrates. The Specific Leaf Area and Leaf Area Ratio varied in response to the source of nutrition in each crop. The research conclusions are that Kale crops that are not as commercial as *Brassica oleracea* var *acephala* are a viable alternative to easily produce and consume by human being as it is a vegetable with a high content of antioxidants and minerals.

Keywords: *Brassica oleracea*, *B. juncea*, *B. carinata*, organic substrates, growth indices, petiole cell extract.

1. Introducción

El kale pertenece a la familia Cruciferae, en donde existen 341 géneros y al menos 3977 especies distribuidas a nivel mundial (Franzke *et al.*, 2011), entre los cultivos más conocidos de esta familia están; brócoli, coliflor, colza, arúgula, nabo y diversos rábanos (Anjum *et al.*, 2011) que se utilizan ampliamente en la alimentación. El kale más conocido como col rizada (*Brassica oleracea* var *acephala*), al igual que otras especies de kale (*Brassica juncea*, *oleracea* y *carinata*) (Samec *et al.*, 2019), se caracterizan por tener hojas carnosas con altas concentraciones de glucosinolatos y proteínas, calcio, hierro, magnesio, potasio y vitaminas C, K y A, ricos en ácidos grasos omega 3 y bajo contenido de calorías (Becerra-Moreno *et al.*, 2014; Abbey *et al.*, 2018; Giorguetti *et al.*, 2018) así como antioxidantes como vitamina C, carotenoides, flavonoides, que le dan propiedades anticancerígenas y desintoxicantes, motivo por el cual le llegan a llamar el superalimento. (Ferioli *et al.*, 2013; Reyes-Munquía *et al.*, 2017; Abbey *et al.*, 2018). Aunque el kale rizado es el que con frecuencia se encuentra en el mercado catalogado como un alimento gourmet, existen otras variedades con diferentes formas de hojas, tonos de verde e intensidad de sabor que también tienen alto contenido nutrimental (Azevedo *et al.*, 2014) y que es necesario dar a conocer por ser una alternativa de alimentación de bajo costo. Motivo por lo cual se requiere conocer las variantes del cultivo, formas estratégicas y simples de producción para que puedan ser adoptadas por pequeños productores y la población en general para autoconsumo o comercialización con beneficio en la alimentación y así introducirlo dentro de la canasta básica. El objetivo de la investigación fue comparar el crecimiento y desarrollo de cultivares de kale no comerciales en diferentes sustratos en condiciones de invernadero para dar alternativas simples para la alimentación.

2. Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en abril del 2019, en un invernadero del área de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, de tipo túnel, con ventilación y cortinas laterales, estructura de acero galvanizada y cubierta de polietileno UVII-720. Temperatura de 38.7 °C (máxima) y 10.5 °C (mínima) y humedad relativa fue de 76.8% (máxima) y 26.8% (mínima). Se establecieron almácigos de poliestireno de 50 cavidades (75 cm³) con peat moss y semillas de Kale, cultivares Chinese (*Brassica juncea*), Rusian (*Brassica oleracea*), Etiopía (*Brassica carinata*) y Siberiana (*Brassica oleracea*).

Estas se regaron con agua hasta la emergencia y a las primeras hojas verdaderas se regó con solución Steiner al 25% hasta el tiempo de trasplante que fue cuando las plántulas tenían cuatro hojas y una altura promedio de 15 cm (23 días). El trasplante se realizó a bolsa de polietileno calibre 800 de 35 x 35 cm que fueron llenadas con tres sustratos diferentes. 1) Tezontle de partícula de 0.5 a 1 cm², 2) vermicompost: perlita: suelo de monte (1:1:1) y 3) bocashi: perlita: suelo de monte (1:1:1). Las mezclas se hicieron con la finalidad de evitar compactación en los sustratos. Posterior se instaló el riego por goteo, que para el tezontle por ser sustrato inerte se suministró la solución de Steiner al 100% (Steiner, 1961) y para las mezclas de vermicompost y bocashi agua acidulada (pH 5.5) por considerar que los nutrientes serán absorbidos directamente de la solución de los sustratos. El diseño de tratamientos fue una factorial 4 x 3, que corresponde a cuatro cultivares y tres fuentes diferentes de sustratos con ocho repeticiones cada uno, establecidas en un diseño experimental completamente al azar.

A los cuatro meses del trasplante, se cosecharon las plantas y se evaluó; *in situ* en el extracto celular de peciolo, NO₃⁻, K⁺ y Ca²⁺; con medidores específicos de Horiba (laquatwin). Altura de planta determinada con cinta métrica, diámetro de tallo con un vernier digital Marca Truper® CALDI-6MP, área foliar con el integrador de área foliar (LICOR LI-300), biomasa seca de hojas y tallo poniendo a peso constante las muestras en un horno de circulación de aire y determinado con una balanza analítica (OHAUS Adventurer Pro AV213C). Considerando que es una hortaliza de hojas, con las medidas de área foliar y peso seco, se calcularon los índices de crecimiento: Área foliar específica (AFE=AF/PSH; cm² g⁻¹) que mide el grosor de la hoja en función de la tasa de crecimiento relativo y que se modifica con la nutrición del cultivo; y Razón de área foliar (RAF=AF/PST; cm² g⁻¹) para comparar la eficiencia del dosel vegetal entre tratamientos. Donde: PST= Peso Seco Total, AF = Área foliar de la planta, PSH=peso seco de área foliar, (Mascorro *et al.*, 2001; Hunt *et al.*, 2002; Villar *et al.*, 2008).

Los datos obtenidos por cultivar, fueron analizados con el paquete SAS (versión 9.4) y sometidos a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilck) y homoscedasticidad (Prueba de Bartlett), el análisis de varianza (ANOVA) con ($\alpha=0.05$) y pruebas de comparación de medias de Tukey con ($\alpha=0.05$).

3. Resultados y discusión

Los cuatro cultivares de kale presentaron crecimiento, forma de hojas, tamaño, color e intensidad de sabor diferente, de acuerdo a las características genéticas de cada una de ellas (Fig. 1). De hecho, el cv Ruso tenía los peciolo de las hojas ligeramente morados, parecidos a las hojas de betabel. Se observan hojas lanceoladas y ovals, con bordes lisos, ondulados, dentado y acerrado.

El análisis de varianza (Tabla 1), muestra la significancia en algunas variables de estudio en función de la especie de kale y significancia en todas las variables por efecto de los sustratos; la significancia en las interacciones se dio solo en el área foliar, peso seco de tallo y contenido de nitratos.

Tabla 1. Análisis de varianza de crecimiento y contenido de NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺ en extracto celular en cultivares kale desarrollado con diferentes sustratos en condiciones de invernadero.

Table 1. Analysis of variance of growth and content of NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺ in cell extract in kale cultivars development with different substrates under greenhouse conditions.

Fuente de variación	AP	DT	AF	PSH	PSTa	PST	NO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺
Cultivar	-	**	**	**	-	-	**	**	-
Sustrato	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Cult * Sustr.	-	-	**	-	**	-	**	-	-
CV	13.63262	17.72118	46.78646	48.93152	48.27523	45.62598	26.51728	8.712017	41.07888
R ²	0.514393	0.759430	0.810994	0.735126	0.676925	0.713479	0.914607	0.712456	0.540298
F calculada	8.09	24.11	32.77	21.19	16.00	19.02	46.74	10.81	5.13
Media	25.36979	9.636250	1047.046	7.604896	5.226875	12.83177	6167.000	276.8333	3324.333

AP = altura de planta, DT = diámetro de tallo, AF = área foliar, PSH = peso seco de hojas, PSTa = peso seco de tallo, PST = peso seco total. - no hay diferencia estadística. ** Diferencia estadística altamente significativa.





Figura 1. Diferencias en la forma de hojas y porte de cultivares de kale producidos en invernadero.
Figure 1. Differences in leaf shape and bearing of kale cultivars produced in greenhouse.

Altura de planta y diámetro de tallo.

La altura mostró diferencias estadísticas significativas por efecto de sustrato, y el diámetro de tallo por cultivar y sustrato (Tabla 1). Estas dos variables, son importantes en la evaluación de crecimiento y desarrollo de las plantas y no solo estuvo determinado por la nutrición, también es efecto de la genética, dado que cada cultivar tiene características diferentes (Tabla 2). Para fines de comercialización del kale ambas variables no tienen importancia económica, debido a que lo que se vende y consume son las hojas, pero los tallos pueden ser utilizados para alimento de ganado considerando el contenido nutrimental (Dermanet, 2014).

Área foliar y peso seco de hojas

En kale, el tamaño de la hoja y la edad de esta son los factores importantes que influyen en el sabor para la comercialización. los cultivares de Ruso (*Brassica oleracea*), Siberiano (*Brassica oleracea*) y Etiopia (*Brassica carinata*), presentaron una notoria diferencia en área foliar entre las plantas desarrolladas en tezontle y en los dos sustratos orgánicos (Fig. 2), en menor proporción se presenta la diferencia en el cv Chinese (*Brassica juncea*). El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas entre el tratamiento mineral y los orgánicos, por ejemplo, las plantas que crecieron en tezontle incrementaron el tamaño de la hoja entre tres y ocho veces más que cuando las plantas crecieron en vermicompost ó bocashi. Esta respuesta se debe al suministro balanceado de la solución nutritiva utilizada con el tezontle, como es un sustrato inerte, este no interfiere en el movimiento de los iones de la solución a la raíz. Yoder y Davis, 2020, indican que el área foliar es muy importante para quienes venden en fresco, porque con las hojas grandes, hacen ver más vistoso el manejo para el consumidor. Aunque no se puede generalizar que la nutrición mineral siempre va a ser mejor, dado que Haile y Ayalew (2018) producen kale en suelo con la aplicación de efluente orgánico y aumenta el área foliar más que cuando se aplica fertilizante mineral, sin embargo, cuando combinan el nitrógeno mineral y efluente orgánico se potencializa el desarrollo de la planta. Esta es una buena estrategia, disminuir dosis de fertilizantes minerales y combinar con

efluentes o fertilizantes orgánicos (organomineral) como alternativa para bajar costos y contaminación.

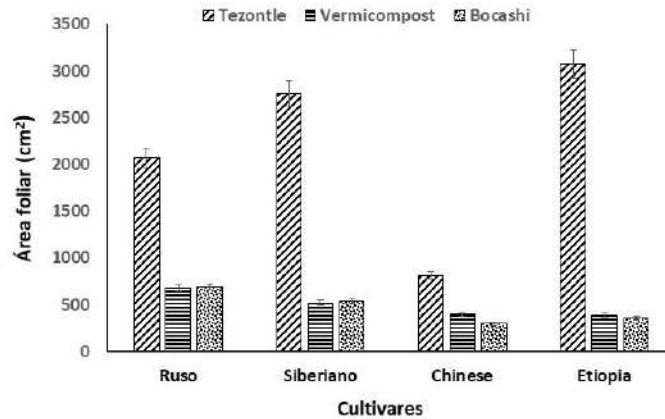


Figura 2. Área foliar de diferentes cultivares de kale desarrollados en sustrato inerte y orgánico en condiciones de invernadero. (Los datos graficados representan la media +/- desviación estándar, n=8).

Figure 2. Leaf area of different kale cultivars developed in inert and organic substrate under greenhouse conditions. (Plotted values represent the mean +/- standar deviation, n=8).

El peso seco de las hojas al igual que el área foliar, es importante porque el kale también se vende en polvo deshidratado, esta variable presentó la misma tendencia que el área foliar (Fig. 3). Sin embargo, es importante hacer notar que el cv Siberiano tiene hojas más gruesas que los otros, y es posible identificar porque el área foliar de cv Etiopia era mayor que Siberiano y en el peso la relación se invierte.

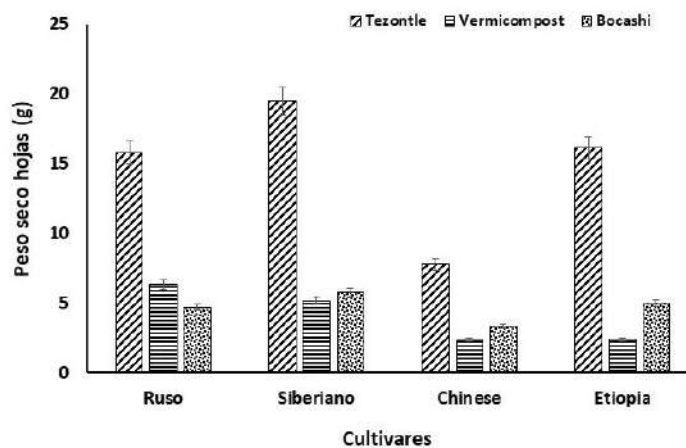


Figura 3. Peso seco de hojas de diferentes cultivares de kale desarrollados en sustrato inerte y orgánico en condiciones de invernadero. (Los datos graficados representan la media +/- desviación estándar, n=8).

Figure 3. Dry weigth of leaves of different kale cultivars developed in inert and organic substrate under greenhouse conditions. (Plotted values represent the mean +/- standar deviation, n=8).

Peso seco de tallo y peso seco total

No todos los cultivares tienen una misma estructura de tallo (Fig. 1). Sin embargo, las plantas crecidas en tezontle y con solución nutritiva de Steiner siempre presentaron los tallos grandes y robustos, independientemente del cultivo, esto se refleja con un mayor peso seco que cuando las plantas se desarrollaron en mezcla de vermicompost y bocashi (Tabla 2). La respuesta tiene que ver con el balance en la solución nutritiva, esto no quiere decir que los sustratos orgánicos no son adecuados, de hecho, son estrategias en las que se debe de hacer más énfasis en su uso con la idea de incrementar no solo el rendimiento sino las propiedades nutraceuticas del cultivo, que la mayoría de las veces se incrementan con el uso de sustratos orgánicos (Popa *et al.*, 2019).

El kale es un cultivo muy demandante de nutrimentos, por eso la rápida respuesta con solución Steiner, pero es importante no olvidar que como hortaliza de hoja acumula nitratos que en altas concentraciones son tóxicos para el ser humano (Samec *et al.*, 2019).

La respuesta de los cultivares Ruso (*Brassica oleracea*), Siberiano (*Brassica oleracea*) y Etiopia (*Brassica carinata*) a la nutrición orgánica es estadísticamente igual. En el cultivar Chinese (*Brassica juncea*), el peso seco de tallo y peso seco total con vermicompost es igual al de las que crecieron en tezontle (Tabla 2). El análisis estadístico, indica que no hay diferencias significativas en peso seco de tallo y total entre las plantas crecidas en los sustratos orgánicos.

La respuesta de los cuatro cultivares no solo tiene que ver con la aportación de nutriente de los sustratos, otro aspecto que es de vital importancia son las propiedades físicas que tiene cada uno de ellos y que influye en el desarrollo de la raíz y la absorción de los nutrimentos.

Los resultados de las variables de crecimiento indican que el kale cvs Ruso y Siberiano son los que producen mayor área foliar mas no son las plantas más altas, lo que es importante para la comercialización que se basa solo en el uso de las hojas.

Tabla 2. Variables de crecimiento y potasio en extracto celular de peciolo de diferentes cultivares de Kale en condiciones de invernadero.**Table 2.** Growth variables and potassium in petiole cell extract in different kale cultivars under greenhouse conditions.

Kale	Sustrato	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Peso de tallo (g)	Peso seco total (g)	K+ (ppm)
Ruso	Tezontle	28.56 a	12.43a	7.12 a	22.91 a	288 b
(<i>Brassica oleracea</i>)	Vermicompost	25.37 b	10.29 a	3.22 b	9.56 b	290 b
	Bocashi	23.12 b	9.12 b	2.71 b	7.46 b	334 a
Siberiano	Tezontle	29.0 a	15.96 a	8.83 a	28.31 a	276 b
(<i>Brassica oleracea</i>)	Vermicompost	21.93 b	10.60 b	1.90 b	7.17 b	304 b
	Bocashi	21.18 b	11.26 b	2.17 b	7.91 b	334 a
Chinese	Tezontle	25.31 a	7.89 a	8.31 a	16.08 a	234 b
(<i>Brassica juncea</i>)	Vermicompost	26.31 a	6.87 a	7.19 a	9.56 ab	230 b
	Bocashi	21.75 b	6.01 b	2.91 b	6.26 b	272 a
Etiopia	Tezontle	33.6 a	11.66 a	13.02 a	29.13 a	248 b
(<i>Brassica carinata</i>)	Vermicompost	24 b	6.64 b	2.48 b	4.88 b	240 b
	Bocashi	24.81 b	6.85 b	2.73 b	4.76 b	272 a

Tz=tezontle, V-P-TM=(vermicompost, perlita, tierra monte (1:1:1) y B-P-TM=(Bocashi, perlita y tierra de monte (1:1:1). Valores con la misma letra, son estadísticamente similares con base a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El cv Ruso, también ha sido producido en forma orgánica utilizando coberturas y demuestran que el contenido nutrimental del kale aumenta notablemente con el uso de frijol ejotero como cobertura demostrando que la interacción suelo y leguminosa favorece la calidad del cultivo (Thavarajah *et al.*, (2019).

Contenido de nitratos potasio y calcio en extracto celular de peciolo

La concentración de NO_3^- , presentó diferencias estadísticas altamente significativas por cultivar, sustrato y su interacción en todos los cultivares, el Ca^{2+} , por cultivar y sustrato y el K^+ solo por sustrato (Tabla 1). Las altas concentraciones de nitratos en las plantas, tiene mucho que ver con el sustrato y la fuente de nutrición (Fig. 4). El incremento es de hasta cinco veces más en plantas crecidas en tezontle que en sustrato orgánico, lo cual es un gran riesgo para el consumo sobre todo de niños porque puede provocar metahemoglobinemia en sangre (García *et al.*, 2019). Dado que en

kale la concentración de nitratos está más alta que los nitratos contenidos en lechugas (2200 a 4500 ppm) (Carrasco *et al.*, 2006), en acelga (1690 ppm) y betabel (1379 ppm) (García *et al.*, 2019). Estos valores se deben principalmente a los 12 meq que contiene la solución nutritiva con la que se regaron durante su crecimiento. Es necesario que la concentración de nitratos sea más baja debido a que la ingesta de nitratos diaria de una persona con un peso corporal de 70 kg no debería superar los 259 ppm (Carrasco *et al.*, 2006). Motivo por lo cual se considera que en futuras producciones hidropónicas se use una solución nutritiva con niveles más bajos de nitratos, o continuar la producción con sustratos orgánicos.

Los sustratos bocashi y el vermicompost, suministran nitratos que resultan de la mineralización de la materia orgánica por la actividad de los microorganismos y modifica su disponibilidad y absorción como se observa en la Fig. 4. Las cantidades promedio de nitrógeno total reportadas en bocashi varían entre 0.69 y 1.06% (Muñoz *et al.*, 2015) y en vermicompost entre 1.03 y 5.5% (Jaimes-Amaya *et al.*, 2020). A mayor concentración de nitrógeno en el sustrato, se incrementa la cantidad de nitratos en extracto celular (Nuñez-Ramírez *et al.*, 2017).

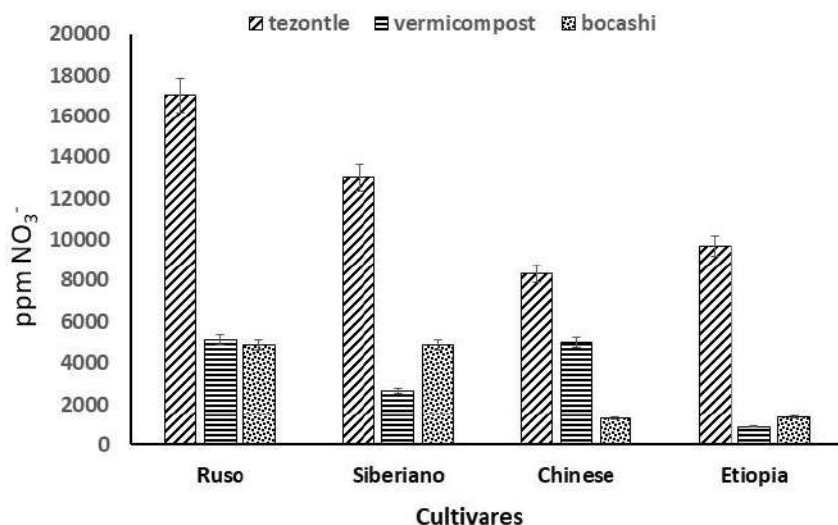


Figura 4. Contenido de nitratos en el extracto celular de peciolo de cuatro cultivares de kale crecidos en diferentes sustratos.

Figure 4. Nitrate content in petiole cell extract of four kale cultivars grown on different substrates.

La concentración de K⁺ en extracto de peciolo es mucho más baja que nitratos y calcio, los cuatro cultivares tienen casi las mismas concentraciones que variaron entre 230 y 334 ppm de K⁺, un dato importante es que todas las plantas que crecieron en bocashi tienen mayor concentración de K⁺ que las que crecieron en tezontle y en vermicompost. El contenido de Ca²⁺ solo tuvo efecto significativo por sustrato, presentándose diferencias altamente significativas entre las plantas crecidas en tezontle y las que crecieron en vermicompost y bocashi (Tabla 2).

Índices de crecimiento

Los resultados de la Fig. 5 indican como el sustrato es un factor que modifica el crecimiento, dado que hay diferencias entre los cultivares y dentro de cada cultivar en función de donde creció la planta. El área foliar específica (AFE) en los cvs Etiopia (*Brassica carinata*), Ruso (*Brassica oleracea*) y Siberiano (*Brassica oleracea*) confirma como en otras variables que respondieron a la nutrición con tezontle y solución Steiner (Fig. 5a). Los valores altos de AFE reflejan como en las plantas aumentan el área foliar y reducen el grosor de esta, lo que permite que la radiación fotosintéticamente activa penetre más fácilmente y repercuta en el desarrollo del cultivo. Este índice permite identificar muy fácil como la planta responde a cambios de ambiente y fuentes de nutrición (Shiple, 2002) y se define como la cantidad de área foliar por peso de hoja, es un rasgo morfológico de gran trascendencia funcional y ecológica (Villar *et al.*, 2008). El cv Chinese (*Brassica juncea*) no responde igual al tezontle como se observa en la Fig. 5a, pero si modifica el área y peso de hoja cuando crece en el vermicompost. En cada uno de los cultivares de acuerdo al sustrato donde crecieron se observaron compensaciones estructurales y metabólicas, lo que permitió que los índices no fueran iguales (Smich *et al.*, 2017).

El valor bajo de AFE obtenido en los cultivares Ruso y Chinese, que crecieron en bocashi puede deberse a la poca maduración del sustrato, quizás menores cantidades de nutrimentos disponibles que hay en los sustratos orgánicos y la respuesta específica de estos cultivares (Haile y Ayalew, 2018).

La relación de área foliar (RAF) varió entre cultivares. Con tezontle y vermicompost el cultivar Etiopia presentó los valores más altos (Fig. 5b), esto refleja que tiene un ciclo de desarrollo más corto y un aparato fotosintético más activo que los otros cultivares (Santos *et al.*, 2010). En función del sustrato, las plantas que crecieron en vermicompost presentaron los valores más bajos del índice debido a un incremento en la biomasa total, al suceder esto hay un aumento en el costo respiratorio de la planta y la relación baja (Villalba *et al.*, 2017). El cv Chinese, dio los valores más bajos con los tres sustratos. Los cultivos responden de manera diferente, en el caso de *Salvia hispanica* la aplicación de vermicompost incremento notablemente la RAF en comparación cuando solo creció en suelo (González-Solano *et al.*, 2019). Desde el punto de vista de eficiencia del sustrato, cuando los cultivares Chinese y Ruso crecieron el bocashi tuvieron RAF más altos lo que indica que ese sustrato favoreció el que las plantas fueran más vigorosas que con las otras mezclas (Gaytan *et al.*, 2001), dado que todos estuvieron bajo las mismas condiciones ambientales.

En el crecimiento de los cultivares hay una marcada diferencia cuando se hace en tezontle con solución Steiner en comparación con las mezclas de vermicompost y bocashi. A pesar de ser estadísticamente iguales los dos sustratos orgánicos se observa en al menos tres cultivares incrementaron algunas variables cuando el sustrato fue vermicompost. Este último es más estable que el bocashi y en la mayoría de las veces se utiliza mas vermicompost (Bachman y Metzger, 2008).

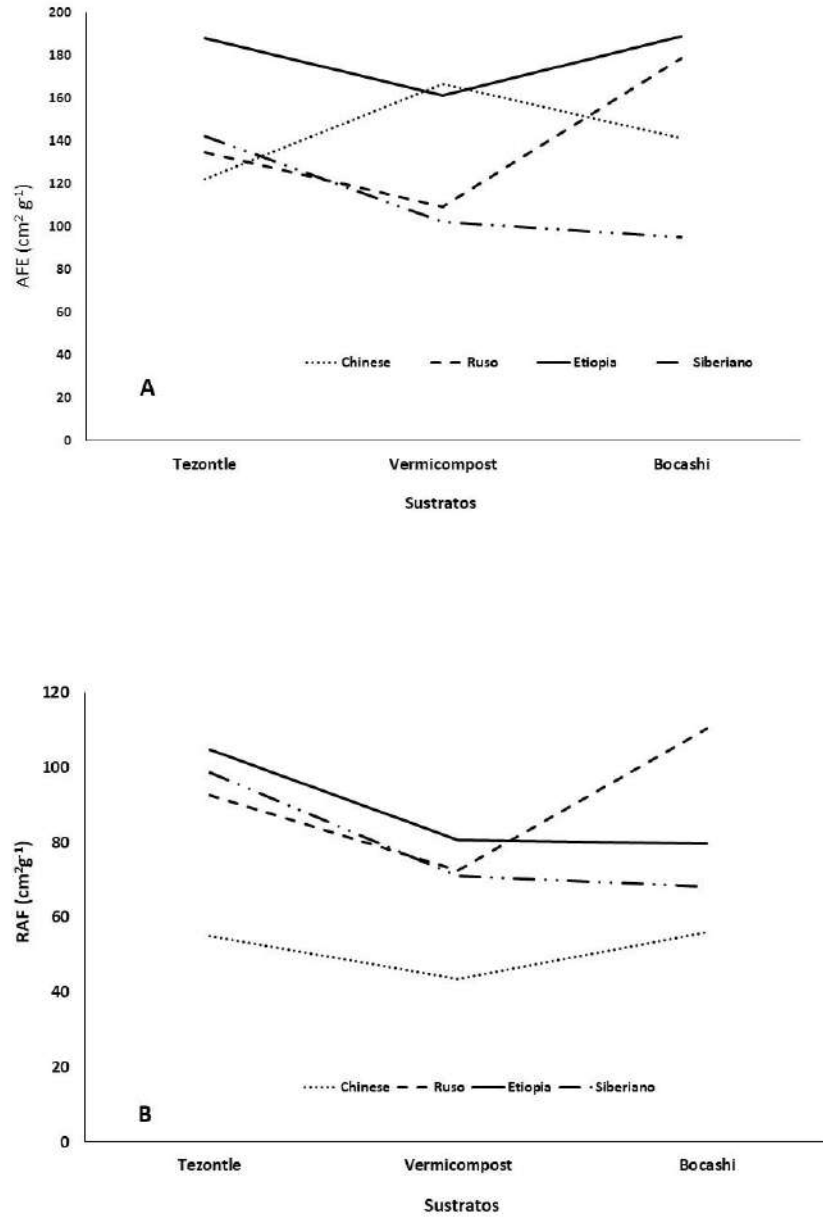


Figura 5. Índices de crecimiento de cuatro cultivares de kale A= AFE (área foliar específica), B=RAF (razón de área foliar) desarrollados en invernadero con tres sustratos diferentes.

Figure 5. Growth rates of kale cultivars A= AFE (specific leaf area), B=RAF (ratio of leaf area) developed in a greenhouse with three different substrates.

4. Conclusiones

La diferencia en el crecimiento, forma de hojas y desarrollo del kale tiene que ver con las características genéticas de cada cultivar.

Los cv Ruso (*Brassica oleracea*), Siberiano (*Brassica oleracea*) y Etiopía (*Brassica carinata*), se desarrollaron mejor en tezontle y solución de Steiner que cuando crecieron con vermicompost y bocashi, no así en cv Chinese (*Brassica juncea*) que presentó la misma respuesta en los tres sustratos.

La producción de kale con solución Steiner incrementa notablemente los nitratos en la planta, por lo que será recomendable cultivar en sustratos orgánicos o en hidroponía con soluciones nutritivas con menor cantidad de nitratos.

El kale es un cultivo fácil de producir, es una alternativa viable para la producción y consumo entre la población urbana y rural como fuente nutrimental y de propiedades nutraceuticas.

5. Referencias

- Abbey, L., Pham, T. H., Annan, N., Leke-Aladekoba, A., & Thomas, R.H. (2018). Chemical composition of kale as influenced by dry vermicast, potassium humate and volcanic minerals. *Food Research International Journal*, 107, 726- 737. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.010>
- Anjum, N.A., Gill, S.S., Ahmad, I., Pacheco, M., Duarte, A. C., Umar, S., Khan, N. A., & Pereira, M. E. (2011). The Plant Family Brassicaceae: An introduction. pp 1-33. En: Anjum, N. A., Ahmad, I., Pereira, M. E., Duarte, A.C., Umar, S., Khan, N. A. (eds.), *The Plant Family Brassicaceae*. Springer, The Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3913-0_1
- Azevedo, M. A., Andrade, L. V. C., Fernandes, S. C. J., Pedrosa, E. C., Valadarea, R. N., Ferreira, M.M., & Martis, A.V.R. (2014). Divergencia genética e importancia de caracteres morfológicos em genotipos de couve, *Horticultura Brasileira*, 32, 48-54. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100008>
- Bachman, G. R., & Metzger, J. D. (2008). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99, 3155-3161. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.05.069>
- Becerra-Moreno, A., Alanis-Garza, P. A., Mora-Nieves, J. L., Mora-Mora, J. P., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2014). Kale an Excellent source of vitamin C, pro-vitamin A, lutein and glucosinolates. *Journal of Food*, 12, 298-303. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.850743>
- Carrasco, G., Tapia, J., & Urrestarazu, M. (2006). Contenido de nitratos en lechugas cultivadas en Sistemas hidropónicos. *IDESIA*, 24, 25-30. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100005>
- Demant, R. (2014). *Manual de Especies Forrajeras. Plan Lechero Watt's*. 2 ed. Imprenta AméricaValdivia. Chile. 163 p. <https://bit.ly/3wweRZK>
- Feroli, F., Giambanelli, E., D'Antuono, L. F., Costa, H. S., Albuquerque, T. G., Silva, A. S., Hayran, O., Franzke, A., Lysak, M. A., Al-Shehbaz, I. A., Koc, M. A., & Mummenhoff K. (2011). Asuntos de la familia de la col: la historia evolutiva de Brassicaceae . *Tendencias en ciencias de las plantas*, 16,108-116. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2010.11.005>

- García, V. M., Hernández, A. R., & Navarro, A. T. (2019). La importancia de la prevención y del diagnóstico de la metaemoglobinemia en la infancia. *Form Act Pediatric Prim.*, 12, 137-142. <https://bit.ly/3sKmmmd0>
- Gaytan, M. A., Palomo, G. A., & Godoy, A. S. (2001). Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24, 197-202. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61024209>
- Giorgetti, L., Giorgi, G., Cherubini, E., Gervasi, P. G., Della, C. M. C., Longo, V., & Bellani, L. (2018). Screening and identification of major phytochemical compounds in seeds, sprouts and leaves of Tuscan black kale *Brassica oleracea* (L.) ssp *acephala* (DC) var. *sabellica* L. *Natural Product Research*, 32, 1617-162. <http://dx.doi.org/10.1080/14786419.2017.1392953>
- González-Solano, K. D., Rodríguez-Mendoza, M. N., Escalante-Estrada, A. E. S., García-Cué, J. L., Pedraza-Santos, M. E., & Sánchez-Escudero, J. (2019). Crecimiento y producción de chía (*Salvia hispanica* L.) en función de la irradiancia y fertilización orgánica. *Interciencia*, 44, 340-346. <https://www.redalyc.org/journal/339/33960068005/html/>
- Haile, A., & Ayalew, T. (2018). Comparative study on the effect of bio-slurry and inorganic N-fertilizer on growth and yield of Kale (*Brassica oleracea* L.). *African Journal of Plant Science*, 12, 81-87. <https://doi.org/10.5897/AJPS2018.1639>
- Hunt, R., Causton, D. R., Shipley B., & Askew, A. P. (2002). A modern tool for classical growth analysis. *Annals of Botany*, 90, 485-488. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf214>
- Jaimes-Amaya, G. D., Vega - Ortiz, G., & Ortiz- Salazar, H. E. (2020). Utilización de residuos de la industria papelerera para la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), en la generación de vermicompost. *MODUM: Revista Divulgativa Multidisciplinar De Ciencia, Tecnología e Innovación*, 2, 30-138. <https://bit.ly/3PthbrI>
- Mascorro, G. A., Palomo, G. A., & Godoy A. S. (2001). Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24, 197-202. <https://bit.ly/3NoxdkW>
- Núñez-Ramírez, F., Grijalva-Contreras, R. L., Robles-Contreras, F., Macías-Duarte, R., Escobosa-García M. I., & Santillano C. J. (2017). Influencia de la fertirrigación nitrogenada en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo, el rendimiento y la calidad de tomate de invernadero. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 49, 93-103. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382853527007>
- Muñoz, J. M., Muñoz, J. A., & Montes, C. (2015). Evaluation of organic manures in lettuce and cabbage plants at Popayán, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y agroindustrial*, 13, 73-82. <https://bit.ly/3PrHkY5>
- Popa, M., Mitelut, A.N., Popa, E., Stan, A. and Popa, V. (2019). Organic foods contribution to nutritional quality and value. *Trends in Food Science & Technology*, 84, p15-18. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.003>
- Reyes-Munguía, A., Rosas-Trejo L., Campos-Montiel R., Quintero-Lira A., & Carillo-Inungaray M. L. (2017). Propiedades antioxidantes del extracto acuoso de *Brassica oleracea* var *sabellica*. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 3, 30-34. <https://bit.ly/3yJgp3X>

- Samec, D., Urlić, B., & Salopek-Sondi, B. (2019). Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: review of the scientific evidence behind the statement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59, 2411-2422. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1454400>
- Santos, C. M., Segura A. M., & Nústez, L. C. E. (2010). Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín, 63, 5253-5266. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914617004>
- Shipley, B. (2002). Trade-offs between net assimilation rate and specific leaf area in determining relative growth rate: relationship with daily irradiance. *Functional Ecology*, 16, 682-689. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00672.x>.
- Schmidt, D., Otomar, C. C., Pilau, J., Nardino, M., & Elli, F. E. (2017). Morfo anatomía foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. *Revista Ceres Viçosa*, 64, 368.375. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764040005>
- Steiner, A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition *Plant Soil*, 15, 134-154 <https://doi.org/10.1007/BF01347224>
- Thavarajah, D., Siva, N., Johnson, N., McGee, R., & Thavarajah, P. (2019). Effect of cover crops on the yield and nutrient concentration of organic Kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). *Scientific Report*, 9, 10374 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46847-9>
- Villalba, V. J., Jarma, J. A., & Combatt, M. E. (2017). Respuesta fisiológica de cultivares de arroz a diferentes épocas de siembra en Córdoba, Colombia. *Temas Agrarios*, 22,11-21. <https://doi.org/10.21897/rta.v22i2.940>
- Villar, R., Ruiz, R. J., Quero, J. L., Poorter, H., Valladares, F., & Marañón, T. (2008). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. In: Valladares F (Ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. Egraf, S. A. Madrid, España. pp. 191-227. <https://core.ac.uk/reader/36057750>
- Yoder, N., Davis, G. J. (2020). Organic Fertilizer Comparison on Growth and Nutrient Content of Three Kale Cultivars. *Hortechology*, 30,176-184. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04483-19>

2021 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>