



Received: July 14, 2023 / Accepted: August 15, 2023

Artículo Original

## Comportamiento del kión (*Zingiber officinale* Rosc.) var. “Chino” a diferentes densidades de siembra en Pichanaki, selva central del Perú

### Performance of kion (*Zingiber officinale* Rosc.) var. “Chino” at different planting densities in Pichanaki in the Peruvian tropics

O. Buendía-Martínez<sup>1,\*</sup> , S. Bello-Amez<sup>2</sup> , L. Alvarado-Huaman<sup>2</sup> , R. Borjas-Ventura<sup>2</sup> , V. Castro-Cepero<sup>2</sup> , A. Julca-Otiniano<sup>1\*</sup> 



<https://doi.org/10.51431/par.v5i2.853>

#### Resumen

**Objetivos:** Determinar el comportamiento del kion (*Zingiber officinale* Rosc.) var. 'Chino' con diferentes densidades de siembra en la localidad de Zotarari, Pichanaki, selva central del Perú. **Metodología:** El ensayo se realizó en un suelo degradado del distrito de Pichanaki (Junín). El experimento duró 10 meses y tuvo un diseño estadístico en bloques completamente al azar con 4 tratamientos (50 000, 75 000, 100 000 y 125 000 plantas/ha) y 4 repeticiones. Se evaluó el número de brotes/planta, número de hojas/planta, altura de planta (cm), rendimiento (g/planta), calidad del producto (exportable, industrial y descarte), realizándose el análisis de varianza de los datos y la prueba de Duncan a un nivel de confianza del 95%. **Resultados:** La mayor densidad de siembra no tuvo efecto sobre el crecimiento de la planta de kion y disminuyó el peso del rizoma de la planta, pero incrementó el rendimiento/ha, correspondiendo el mayor valor a T4 (125 000 plantas/ha) y el menor a T1 (50 000 plantas/ha), estadísticamente diferentes. La calidad varió de un tratamiento a otro y la mayor cantidad de la categoría exportable (10,29 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con 100 000 plantas/ha (T3), aunque sin mostrar diferencias estadísticas significativas con los otros tratamientos evaluados. **Conclusiones:** El rendimiento de rizomas por hectárea aumentó con la mayor densidad de siembra, correspondiendo el valor mayor estadísticamente a la alta densidad y el menor rendimiento, a la densidad mas baja. La calidad del kión varió con la densidad, pero no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

**Palabras clave:** Densidad de siembra, kion, calidad, rendimiento, Perú.

#### Abstract

**Objectives:** To determine the performance of kion (*Zingiber officinale* Rosc.) var. 'Chino' at different planting densities in the locality of Zotarari, Pichanaki, central jungle of Peru. **Methodology:** The trial was conducted on degraded soil in the district of Pichanaki (Junín). The experiment lasted 10 months and had a statistical design in completely randomized blocks with 4 treatments (50 000, 75 000, 100 000 and 125 000 plants/ha) and 4 replications. The number of shoots/plant, number of leaves/plant, plant height (cm), yield (g/plant), and product quality (exportable, industrial and discarded) were evaluated, performing the analysis of variance of the data and Duncan's test at a confidence level of 95%. **Results:** Higher planting density did not affect kion plant growth and decreased plant rhizome weight, but increased yield/ha, with the highest value corresponding to T4 (125 000 plants/ha) and the lowest to T1 (50 000 plants/ha), statistically different. Quality varied from one treatment to another and the highest amount of the exportable category (10.29 t ha<sup>-1</sup>) was obtained with 100 000 plants/ha (T3), although without showing significant statistical differences with the other treatments evaluated. **Conclusions:** The Rhizome yields per hectare increased with higher planting density, with the highest value corresponding statistically to the high density and the lowest yield to the lowest density. The quality of the kion varied with density, but no statistical differences were found among the treatments evaluated.

**Keywords:** Sowing density, ginger, quality, yield, Peru.

<sup>1</sup> Programa de Doctorado en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

<sup>2</sup> Grupo Investigación Agricultura y Desarrollo Sustentable en el Trópico Peruano. Facultad de Agronomía. Departamento de Fitotecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

\* Autor para correspondencia: [ajo@lamolina.edu.pe](mailto:ajo@lamolina.edu.pe)

## Introducción

En los últimos años, el auge del cultivo del kion o jengibre (*Zingiber officinale* Rosc.), se ha incrementado considerablemente en la selva central del Perú, principalmente debido al aumento de las exportaciones, a partir del 2014. Pero los agricultores siguen usando mayormente suelo con alta pendiente y con la tecnología tradicional de rozo, tumba y quema del bosque, que tiene un fuerte impacto en la degradación de los suelos. Según Maraví *et al.* (2018) el 91% del kion se ha sembrado en bosques secundarios y un 9% en bosques primarios; los bosques secundarios en la mayoría de los casos corresponden a plantaciones de cafetales abandonados. El kion es una especie medicinal, herbácea perenne, originaria de climas cálidos tropicales subtropicales y húmedos, particularmente del sudeste asiático (Asafa *et al.*, 2018).

La densidad o marco de plantación es la disposición del número de plantas por unidad de área, la finalidad de ésta es aprovechar eficientemente el área que permita la mayor productividad y calidad del producto a cosechar. El aumento de la productividad por unidad de superficie a través del manejo agronómico es una de las estrategias más importantes para incrementar la producción de los cultivos (Xu *et al.*, 2016). Entre las intervenciones agronómicas, el marco de plantación es una actividad importante para usar eficientemente los recursos naturales y juega un papel importante en la regulación de la competencia entre las plantas vecinas (Jiang *et al.*, 2013; De-Yang *et al.*, 2016); aumentando la capacidad fotosintética a través de la interceptación eficiente de la radiación solar (Wang *et al.*, 2015; Ruffo *et al.*, 2016) y por ende la producción de biomasa (Ceotto *et al.*, 2012). Asimismo, una mayor densidad de siembra proporciona mayores rendimientos sin aumentar los costos de producción (Horschutz *et al.*, 2012), reduce la necesidad de fertilizantes y mano de obra (Zhi *et al.*, 2016). Pero, cuando la densidad de siembra excede un cierto umbral, el rendimiento tiende a reducirse (Griesh & Yakout, 2001) y la probabilidad de efectos negativos aumenta cuando esta sobrepasa el nivel óptimo (Assefa *et al.*, 2018) y aumenta la incidencia de enfermedades (Tabin *et al.*, 2014).

En el kion, según Kumar *et al.* (2010) el espaciamiento varía según la fertilidad del suelo, la variedad, el clima y las prácticas de manejo. Al

respecto, varios estudios realizados en diferentes países productores del mundo informan un aumento importante del rendimiento del jengibre con los espaciamientos más reducidos (Bay *et al.*, 1993; Bari & Rahim, 2010; Ghosh & Hore, 2011; Yadav *et al.*, 2013; Akinyemi *et al.*, 2014; Mahender *et al.*, 2015; Datta *et al.*, 2017; Shekhar & Hore, 2021).

Kumar *et al.* (2010) también señalan que a mayor densidad de plantas se logra mayor rendimiento que plantar en camas elevadas a una distancia de 20-25 cm. Ghosh & Hore (2011) determinaron que la distancia de 20 x 15 cm y el peso de 25-30 g de semilla arrojó el rendimiento más alto (15,39 kg m<sup>-2</sup>). Yadav *et al.* (2013) informan que entre las diversas combinaciones de distanciamientos el 25 x 15 cm exhibió el mayor rendimiento de kión verde (40,16 t ha<sup>-1</sup>) y seco (8,58 t ha<sup>-1</sup>). Akinyemi *et al.* (2014) en Nigeria evaluaron el efecto de un fertilizante compuesto de NPK (15-15-15) a las dosis de 0, 150, 300, 450 y 600 kg ha<sup>-1</sup> y distanciamientos de 25 x 25 cm (200 000 plantas ha<sup>-1</sup>), 20 x 20 cm (250 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y 20 x 16,5 cm (303 000 plantas ha<sup>-1</sup>) e informaron que el mejor rendimiento de rizoma fue con 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK y 250 000 plantas ha<sup>-1</sup> y el menor rendimiento con la densidad baja y sin fertilización (3,78 t ha<sup>-1</sup>). Por su parte, Mahender *et al.* (2015) encontraron mayores rendimientos (38,06 t ha<sup>-1</sup>) a partir de la combinación de rizoma de 40 g con el distanciamiento de 25 x 15 cm. Reddy *et al.* (2016) al evaluar el efecto del tamaño del rizoma y la distancia entre plantas de kión cv. Maran bajo un sistema de cultivo intercalado en mango, obtuvieron el máximo rendimiento (25,77 t ha<sup>-1</sup>) con 40 g de peso de semilla y un espaciamiento de 25 x 15 cm y el menor rendimiento (20,04 t ha<sup>-1</sup>) con un espaciamiento de 40 x 20 cm. Datta *et al.* (2017) en Bengala Occidental con el cv. 'Gorubathan' determinaron una tendencia creciente en el rendimiento con el aumento de número de plantas y la distancia 20 x 15 cm, con el rizoma de 30 g produjo el mayor rendimiento. Tiwari *et al.* (2019) señalan que el peso de semilla 50 g y un distanciamiento 25 x 15 cm mejoró de manera significativa el rendimiento del kión (27,95 t ha<sup>-1</sup>).

En el Perú, existen pocos trabajos de investigación en el cultivo de kión y de manera especial sobre la densidad de siembra. Romero (2021) para las condiciones de Pichanaki (Junín) reporta una densidad de 31 250 plantas ha<sup>-1</sup> (0,40

x 0,80 m); en tanto que para Trujillo (La Libertad), Méndez & Amaya (2013), reportan una densidad aproximada de 38 000 plantas ha<sup>-1</sup> (0,20 x 1,30 m). Esta investigación se realizó en el marco del Proyecto Restauración FY 2022-23 Bosque Modelo Pichanaki – Perú, financiado por la Cooperación Internacional Canadiense y tuvo como objetivo determinar el comportamiento del kion var. 'Chino' con diferentes densidades de siembra en la localidad de Zotarari, Pichanaki, selva central del Perú.

## Metodología

La investigación se realizó en un suelo degradado del “Fundo Sancori”, ubicado en San José de Alto Zotarari a una altitud de 888 m. snm (coordenadas 10°53'16” latitud sur y 74°49'44” longitud oeste) del distrito de Pichanaki, ubicado en la provincia de Chanchamayo, región Junín, Perú. Las condiciones climáticas corresponden al clima bosque húmedo pre-montano tropical; con una temperatura media máxima de 30,4 °C, una media mínima de 20,4 °C y una media anual de 24,6 °C y una precipitación anual de 1 495,6 mm; con una distribución irregular durante el año con época lluviosas en los meses de noviembre a marzo y seco entre junio, julio y agosto, con una humedad relativa de 81% (Brack et al. 1985).

Se utilizó la var. 'Chino' que según las referencias, es un genotipo de buena producción. Los tratamientos estudiados se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Tratamientos estudiados en ensayo para conocer el comportamiento del kion var. 'Chino' con diferentes densidades de siembra en Zotarari, Pichanaki, Perú.*

Tratamientos	Distancia entre hileras (cm)	Distancia entre plantas (cm)	Densidad plantas/ha
T1	50	40,0	50 000
T2	50	26,6	75 000
T3	50	20,0	100 000
T4	50	16,0	125 000

Las propiedades del suelo donde se realizó el experimento presenta una reacción fuertemente ácida con un pH de 4,5, bajo contenido de materia orgánica (MO=1,2%), muy bajo en fósforo (0,90

ppm) y potasio (62 ppm) disponibles; de textura franco arcillo limoso con contenido alto de limo (49%), con capacidad de intercambio catiónico bajo (CIC= 8,96 meq/100 g de suelo), con bajo contenido de bases cambiables donde destaca el K<sup>+</sup> que se encuentra en un nivel bajo (0,18 meq/100g de suelo); alto en la acidez cambiante (3,85 meq/ 100 g de suelo). El tipo de suelo, es un ultisol que es necesario manejarlo adecuadamente para obtener altos rendimientos.

El experimento duró 10 meses y estuvo bajo un diseño estadístico de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental (u.e) tuvo 6 hileras con 9 plantas/hilera, haciendo un total de 54 plantas por u.e. y de 964 plantas para todo el experimento. Las evaluaciones se realizaron en las 10 plantas centrales de cada u.e. y se evaluaron las siguientes variables:

- Número total de brotes
- Número de hojas/planta
- Altura de planta (cm)
- Rendimiento (g/planta)
- Calidad (exportable, industrial y descarte).

El manejo agronómico consistió en el uso como semillas de rizomas de kion con 30 ± 5 g de peso, deshierbos constantes para evitar la competencia de malezas. Antes de la siembra se hizo una aplicación de fondo de 4,0 t ha<sup>-1</sup> de dolomita; luego se incorporó estiércol de gallinas ponedoras equivalente a 30 t ha<sup>-1</sup> compostado (Terra-Sur®) cuyo contenido de MO fue de 45 a 50%, N total de 1,5-2,0%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4,0-4,5% K<sub>2</sub>O 2.5%, pH 7,0-7,5. Además se hizo una fertilización con la dosis de 200-90-200 de NPK (Kg/ha); todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se aplicó al momento de la plantación, N y K<sub>2</sub>O se fraccionaron en dos oportunidades; la primera a un mes después de la siembra y la segunda tres meses después de la primera fracción. Las fuentes utilizadas fueron el superfosfato triple de calcio (46%), urea (46% de N) y cloruro de potasio (60% de K<sub>2</sub>O).

El análisis estadístico de datos se realizó con el programa Statgraphics Centurion. Para cada variable, se realizó un análisis de varianza y la prueba de Duncan con un nivel de confianza del 95%.

## Resultados y Discusión

La Tabla 2 muestra que no hubo efecto de la densidad de siembra en el número de brotes que emitió la planta de kion durante el periodo del ensayo; la cantidad fue similar en relación a los tratamientos y estadísticamente no hubo diferencias significativas. La misma tabla muestra que no hubo efecto de la densidad de siembra sobre el número de hojas emitidas por la planta de kion durante el tiempo que duró el ensayo, la cantidad fue similar con relación a los tratamientos y estadísticamente no se encontraron diferencias significativas. En el caso de la altura de planta, los resultados si mostraron un efecto significativo de la densidad de siembra, correspondiendo el valor más bajo al T4 (125,00 plantas/ha), aunque este tratamiento fue estadísticamente similar al T3 y éste estadísticamente similar a T1 y T2 (Tabla 2). Entre las intervenciones agronómicas, el marco de plantación es una actividad primordial para usar eficientemente los recursos naturales y juega un papel importante en la regulación de la competencia entre las plantas vecinas (Jiang et al., 2013; De-Yang et al., 2016); aumentando la capacidad fotosintética a través de la interceptación eficiente de la radiación solar (Wang et al., 2015; Ruffo et al., 2016) y por ende la producción de biomasa (Ceotto et al., 2012).

**Tabla 2**

*Efecto de la densidad en el crecimiento del kion var. 'Chino' en la localidad de Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú*

Densidad (plantas/ha)	Número total brotes/planta	Número de hojas/planta	Altura de planta (cm)
T1= 50 000	22,4 <sup>a</sup>	41,4 <sup>a</sup>	42,3 <sup>a</sup>
T2= 75 000	24,0 <sup>a</sup>	32,4 <sup>a</sup>	44,6 <sup>a</sup>
T3= 100 000	21,3 <sup>a</sup>	36,6 <sup>a</sup>	40,3 <sup>ab</sup>
T4= 125 000	20,6 <sup>a</sup>	35,9 <sup>a</sup>	35,7 <sup>b</sup>

Cuando se evaluó el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento, se encontró que el peso del rizoma/planta, disminuyó conforme se incrementa la densidad, aunque no siempre de manera directa y estadísticamente no hubo diferencias significativas (Tabla 3). Sin embargo, el rendimiento/ha, siempre aumentó con una

mayor densidad de siembra; el mayor incremento se presentó cuando se pasó de 75 000 (T2) a 100 000 plantas/ha (T3), aunque el T4 obtuvo el mayor rendimiento y el T1 el menor, valores estadísticamente diferentes (Tabla 3). Una mayor densidad de siembra proporciona mayores rendimientos sin aumentar los costos de producción (Horschutz et al., 2012), reduce la necesidad de fertilizantes y mano de obra (Zhi et al., 2016). Pero cuando la densidad de siembra excede un cierto umbral, el rendimiento tiende a reducirse (Griesh & Yakout, 2001) y la probabilidad de efectos negativos aumenta cuando ésta sobrepasa el nivel óptimo (Assefa et al., 2018) y aumenta la incidencia de enfermedades (Tabin et al., 2014). Varios estudios realizados en diferentes países productores del mundo informan un aumento importante del rendimiento del kion con los espaciamientos más reducidos (Bay et al., 1993; Bari & Rahim, 2010; Ghosh & Hore, 2011; Yadav et al., 2013; Akinyemi et al., 2014; Mahender et al., 2015; Datta et al., 2017; Shekhar & Hore, 2021).

La densidad de siembra es la disposición del número de plantas por unidad de área; la finalidad de esta es aprovechar eficientemente el área que permita la mayor productividad y calidad del producto a cosechar. El aumento de la productividad por unidad de superficie a través del manejo agronómico es una de las estrategias más importantes para incrementar la producción de los cultivos (Xu et al., 2016). En el kion, según Kumar et al., (2010), el espaciamiento varía según la fertilidad del suelo, la variedad, el clima y las prácticas de manejo; el mismo autor señala que los espaciamientos más estrechos con la máxima densidad de plantas dan un mayor rendimiento (15-45 x 15-45 cm) que plantar en camas elevadas a una distancia de 20-25 x 20-25 cm. Ghosh & Hore (2011) determinaron que la distancia de 20 x 15 cm y el peso de 25-30 g de semilla, arrojó el rendimiento más alto (15,39 kg m<sup>-2</sup>). Yadav et al. (2013) informaron que entre las diversas combinaciones de distanciamientos el 25 x 15 cm exhibió el mayor rendimiento de kion verde (40,16 t ha<sup>-1</sup>) y seco (8,58 t ha<sup>-1</sup>).

Akinyemi et al. (2014) en Nigeria evaluaron el efecto de un fertilizante compuesto de NPK (15-15-15) a dosis 0, 150, 300, 450 y 600 kg ha<sup>-1</sup> y distanciamientos de 25 x 25 cm (200 000 plantas ha<sup>-1</sup>), 20 x 20 cm (250 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y 20 x 16,5 cm (303 000 plantas ha<sup>-1</sup>) e informaron que el

mejor rendimiento de rizoma fue con 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK y 250 000 plantas ha<sup>-1</sup> y el menor rendimiento con la densidad baja y sin fertilización (3,78 t ha<sup>-1</sup>). Por su parte, Mahender et al. (2015) encontraron rendimientos altos (38,06 t ha<sup>-1</sup>) a partir de la combinación de rizoma de 40 g con el distanciamiento de 25 × 15 cm. Reddy et al. (2016) al evaluar el efecto del tamaño del rizoma y la distancia entre plantas de kion cv. Maran bajo un sistema de cultivo intercalado en mango obtuvieron un rendimiento máximo (25,77 t ha<sup>-1</sup>) con 40 g de peso de semilla y un espaciamiento de 25 × 15 cm y el menor rendimiento (20,04 t ha<sup>-1</sup>) con un espaciamiento de 40 × 20 cm. Datta et al. (2017) en Bengala Occidental con el cv. 'Gorubathan' determinaron una tendencia creciente en el rendimiento con el aumento de número de plantas y la distancia 20 x 15 cm, con el rizoma de 30 g produjo el mayor rendimiento. Tiwari et al. (2019) señalan que el peso de semilla 50 g y un distanciamiento 25 x 15 cm mejoró de manera significativa el rendimiento del jengibre (27,95 t ha<sup>-1</sup>).

La calidad del kion cosechado varió entre las densidades de siembra (Tabla 4); la mayor cantidad en la categoría exportable se obtuvo con T3 (100,000 plantas ha<sup>-1</sup>) aunque sin hallarse diferencias significativas con el resto de

**Tabla 4**

*Efecto de la densidad en la calidad del kion var. 'Chino' en la localidad de Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú*

Densidad (plantas/ha)	Exportable		Industrial		Descarte	
	(%)	(t/ha)	(%)	(t/ha)	(%)	(t/ha)
T1= 50,000	40.0	4.86 <sup>a</sup>	28.2	3.43 <sup>a</sup>	31.7	3.85 <sup>a</sup>
T2= 75,000	34.9	5.23 <sup>a</sup>	31.0	4.65 <sup>a</sup>	34.0	5.09 <sup>a</sup>
T3= 100,000	48.1	10.29 <sup>a</sup>	22.6	4.84 <sup>a</sup>	29.3	6.27 <sup>a</sup>
T4= 125,000	35.9	9.87 <sup>a</sup>	29.4	8.09 <sup>a</sup>	34.7	9.55 <sup>a</sup>

## Conclusiones

Una mayor densidad de siembra no afectó significativamente el crecimiento vegetativo del kion pero disminuyó el peso del rizoma. El rendimiento aumentó con la mayor densidad de siembra, correspondiendo el valor más alto a la densidad de 125 000 plantas por hectárea y el más bajo a la densidad de 50 000 plantas por hectárea, con valores estadísticamente diferentes. En

tratamientos. La mayor producción de kion en la categoría industrial correspondió a T2 (75 000 plantas ha<sup>-1</sup>) aunque no se encontraron diferencias significativas.

**Tabla 3**

*Efecto de la densidad en el rendimiento del kion var. 'Chino' en la localidad de Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú*

Densidad (plantas/ha)	Rendimiento (g/planta)	Rendimiento * (t/ha)	Variación de Rendimiento (%)
T1= 50 000	323,65 <sup>a</sup>	12,14 <sup>b</sup>	100
T2= 75 000	266,02 <sup>a</sup>	14,96 <sup>ab</sup>	123
T3= 100 000	285,36 <sup>a</sup>	21,40 <sup>ab</sup>	176
T4= 125 000	293,36 <sup>a</sup>	27,50 <sup>a</sup>	226

Los tratamientos T2 y T4, tuvieron similares proporciones en la categoría de kion descarte, pero no se hallaron diferencias significativas. No se ha apreciado en la investigación un efecto claro de la densidad de siembra sobre la calidad del kion, pero es posible que exista algún efecto considerando que el calibre generalmente está asociado con el tamaño del rizoma (Bari & Rahim, 2010).

relación a la calidad del producto, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

## Agradecimientos

Este trabajo fue parte de la tesis doctoral del primer autor y realizado en el marco del Proyecto Restauración FY 2022-23 Bosque Modelo Pichanaki – Perú. Los autores quieren dejar

constancia de su agradecimiento al mencionado proyecto, que fue financiado por la Cooperación Internacional Canadiense y que ha permitido la realización de este trabajo de investigación.

## Referencias

- Akinyemi, S. O. S., Adebayo, O. S., Adesegun, E. A., & Ajayi, E. O. (2014). Influence of inorganic fertilizer and spacing on the performance of ginger *Zingiber officinale* Rose. *Journal of Biological and Chemical Research* 31 (2), 730-739. [https://www.research.net/publicación/321642550\\_Influence\\_of\\_Inorganic\\_Fertilizer\\_and\\_Spacing\\_on\\_the\\_Performance\\_of\\_Ginger\\_Zingiber\\_officinale\\_Rose](https://www.research.net/publicación/321642550_Influence_of_Inorganic_Fertilizer_and_Spacing_on_the_Performance_of_Ginger_Zingiber_officinale_Rose).
- Assefa, Y., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R., Jeschke, M., Paszkiewicz, S., Smith, S. & Ciampitti, I. A (2018). Analysis of Long-Term Study Indicates Both Agronomic Optimal Plant Density and Increase Maize Yield per Plant Contributed to Yield Gain. *Scientific Reports* 8, 4937. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23362-x>
- Bari, M. S., & Rahim, M. A. (2010). Production potential of ginger under different spacing of *Dalbergia sissoo*. *Journal of Agroforestry and Environment*, 4(1), 143-146. [https://pas.cseas.kyoto-u.ac.jp/activity/HP\\_SPIRITS/Brahmaputra/data/JAE\\_ALL/ASFBpdf/7.AFSB4\(1\)pdf/34.%20Bari%202.pdf](https://pas.cseas.kyoto-u.ac.jp/activity/HP_SPIRITS/Brahmaputra/data/JAE_ALL/ASFBpdf/7.AFSB4(1)pdf/34.%20Bari%202.pdf)
- Bay, E.T., Danquah, E. Y. & Anim-Kwapong, G. (1993). Influence of sett size and spacing on yield and multiplication ratio of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Ghana Journal of Agricultural Science*, 31(2),175-180. <https://doi.org/10.4314/guias.v31i2.1933>
- Brack, W., Suarez, M., Martel, A., Amiquero, B., & Brack, A. (1985). *Sistemas silvopastoriles e importancia de la agroforestería en el desarrollo de la selva central*. Proyecto Peruano-Alemán Desarrollo Forestal y Agroforestal en Selva Central. Ministerio de agricultura INFOR, CENFOR VIII San Ramón.
- Ceotto, E., Candilo, M., Castelli, F., Badeck, F. W., Rizza, F., Soave, C., Volta, A., Villani, G., & Marletto, V. (2013). Comparing solar radiation interception and use efficiency for the energy crops giant reed (*Arundo donax* L.) and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Field Crops Research* 149, 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.fer.2013.05.002>
- De-Yang, S., Yan-Hong, L., Ji-Wang, Z., Peng, L., Bin, Z., & Shu-Ting, D. (2016). Increased plant density and reduced N rate lead to more grain yield and higher resource utilization in summer maize. *Journal of Integrative Agriculture* 15(11), 2515-2528. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61355-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61355-2)
- Shekhar, G. C. & Hore J. K. (2021). Growth and yield of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as influenced by different seed size and spacing. *Current Advances in Agricultural Sciences* 13(1): 59-61. 10.5958/2394-4471.2021.00012.5
- Islam, M. A., Naher, M. S., Fahim, A. H. F., Kakon, A. (2017). Growth and Yield of Ginger Influenced by Different Rhizome Size and Spacing. *International Journal of Agricultural Papers*, 2 (1), 24-30. [https://www.researchgate.net/publication/346301701\\_Growth\\_and\\_Yield\\_of\\_ginger\\_Influenced\\_by\\_Different\\_Rhizome\\_Size\\_and\\_Spacing](https://www.researchgate.net/publication/346301701_Growth_and_Yield_of_ginger_Influenced_by_Different_Rhizome_Size_and_Spacing)
- Datta, N., Ghosh, D. K., & Sarkar, T. (2017). Effect of different seed rate and spacing on yield and economics of ginger (*Zingiber officinale* Rosc) cultivation. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(9), 1120-1125. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.609.134>
- Griesh, M. H. & Yakout, G. M. (2001). Effect of plant population density and nitrogen fertilization on yield and yield components of some white and yellow maize hybrids under drip irrigation systems in sandy soil. *Plant Nutrition* 1, 810-811. [https://doi.org/10.1007/0-306-47624-X\\_394](https://doi.org/10.1007/0-306-47624-X_394)
- Horschutz, A. C. O., Teixeira, M. B., Alves, J. M., Silva, F. G., & da Silva, N. F. (2012). Growth and productivity of physic nut as a function of plant spacing and irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(10), 1093-1099. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001000009>
- Jiang, W., Wang, K., Wu, Q., Dong, S., Liu, P., & *Peruvian Agricultural Research* 5(2), 1-7, 2023

- Zhang, J. (2013). Effects of narrow plant spacing on root distribution and physiological nitrogen use efficiency in summer maize. *The Crop Journal*, 1, 77–83, <https://doi.org/10.1016/j.cj.2013.07.011>
- Kumar, A., Sasikumar B., Srinivasan V., Zachariah T.J. y Rajeev P. (2010). *Ginger*. In V.A. Parthasarathy P. Rajeev (ed). Major Spices - Production and Processing. Indian Institute of Spices Research, Calicut, Kerala, India. 326 pp.
- Kizhakkayil1, J., & Sasikumar, B. (2011). Diversity, characterization and utilization of ginger: a review. *Plant Genetic Resources*, 9 ( 3 ) , 4 6 4 – 4 7 7 . <https://doi.org/10.1017/S1479262111000670>
- Li, X., Han Y., Wang, G., Feng, L., Wang, Z., Yang, B., Du, W., Lei, Y., Xiong, S., Zhi, X. Xing, F., Fan, Z., Xin, M., & Li, Y. (2020). Response of cotton fruit growth, intraspecific competition and yield to plant density. *European Journal of Agronomic*. 114, 1 2 5 9 9 1 1 . <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.1259911016/j.eja.2019.125991>
- Mahender, B., Reddy P. S. S., Sivaram G. T., Balakrishna M., & Prathap B. (2015). Effect of seed rhizome size and plant spacing on growth, yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) under coconut cropping system. *Plant Archives* 15(2), 769-774. [https://plantarchives.org/pdf%2015-2/769-774%20\(3001\).pdf](https://plantarchives.org/pdf%2015-2/769-774%20(3001).pdf)
- Maraví, J., Buendía, O., Alvarado, L., Borjas, R., Castro-Cepero, V., & Julca-Otiniano, A. (2018). Characterization of banana farms (*Musa* spp.) in Cuyani Microbasin, Pichanaki District, Chanchamayo Province (Junín, Perú). *Peruvian Journal of Agronomy* 2 (2), 6 – 13. <https://doi.org/10.21704/pja.v2i2.1200>
- Reddy, P. S. S., Kumar, A. S. & Mahender B. (2016). Evaluation of influence of rhizome size and plant spacing on growth and yield attributes of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) cv. Maran in mango-ginger intercropping system. *Plant Archives* 16(2), 5 7 5 - 5 7 9 . <https://www.plantarchives.org/PDF%2016/575-579.pdf>
- Tabin, T., Balasubramanian, D., & Arunachalam, A. (2014). Influence of plant spacing, seed rhizome size and tree canopy environment on the incidence of rhizome rot ginger. *India Journal of Hill Farming* 27(2), 49-51. [https://kiran.nic.in/pdf/IJHF/Vol27\\_2/11%20influence%20of%20Plant%20Spacing,%20Seed%20Rhizome%20Size%20and%20Tree%20Canopy.pdf](https://kiran.nic.in/pdf/IJHF/Vol27_2/11%20influence%20of%20Plant%20Spacing,%20Seed%20Rhizome%20Size%20and%20Tree%20Canopy.pdf)
- Tiwari, H., Pandey R., Shukala, M. & Namdeo, K. N. (2019a). Influence of size of seed-rhizome and plant no growth, yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rose). *Annals and Soil Research*, 21(2), 159-161. <https://gkvsociety.com/control/uploads/10600412.pdf>
- Tiwari, H., Pandey, R., Shukala, M. & Namdeo, K. N. (2019b). Yield, quality and uptake of nutrients in ginger (*Zingiber officinale* Rose) as influenced by size of seed rhizome and plant spacing). *Annals and Soil Research* 21 ( 4 ) , 3 7 6 - 3 7 9 . <https://www.gkvsociety.com/control/uploads/53301915.pdf>
- Wang, R., Cheng, T., & Hu, L. (2015). Effect of wide-narrow row arrangement and plant density on yield and radiation use efficiency of mechanized direct-seeded canola in Central China. *Field Crops Research*, 172, 42–52. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62800-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62800-5)
- Xu, C., Huang, S., Tian, B., Ren, J., Meng, Q. & Wang, P. (2017). Manipulating planting density and nitrogen fertilizer application to improve yield and reduce environmental impact in Chinese Maize production. *Frontiers in Plant Science*. 8: 1234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01234>
- Zhi, X. Y., Han, Y. C., Li, Y. B., Wang, G.P., Du, W. L., Li, X. X., Mao, S. C. & Feng, L. (2016). Effects of plant density on cotton yield components and quality. *J. Integr. Agric* 15 : 1 4 6 9 – 1 4 7 9 . [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61174-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61174-1)