

Artículo:

Rendimiento, morfometría y germinación de semillas de frijol mungo (*Vigna radiata* L.) en respuesta a dos densidades de plantas

Yield, seed morphometry, and germination of mung bean (*Vigna radiata* L.) in response to two plant densities

María L. Olguin-Sánchez¹, Moisés Felipe-Victoriano², Fernando Lucio-Ruiz³, Santiago Joaquín-Cancino¹, Jonathan R. Garay-Martínez^{2*}

Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social

Recibido: 30 de septiembre de 2025
Aceptado: 06 de noviembre de 2025
Publicado: 13 de noviembre de 2025

Publicación continua editada por el **Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca**

Desv. Lindero Tametate, S/N
Col. La Morita
C.P. 92100
Tantoyuca, Veracruz, México.
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:
revistadigital@itsta.edu.mx

Sitio WEB
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003
Reserva de derechos al uso exclusivo
No. 04-2016-092313253300-203

Editor responsable:
Dr. Horacio Bautista Santos

Copyright: Este artículo es de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

¹ Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Cd. Vitoria, Tamaulipas, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Las Huastecas, Altamira, Tamaulipas, México.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental San Luis, Palma de la Cruz, San Luis Potosí, México.

* Autor correspondiente: garay.jonathan@inifap.gob.mx

Resumen: El frijol mungo (*Vigna radiata* L.) es una leguminosa de importancia alimentaria y forrajera y su potencial como cultivo de cobertura. No obstante, la escasa disponibilidad de semilla de calidad limita su aprovechamiento, lo que hace necesario evaluar prácticas de manejo como la densidad de siembra. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos densidades (D1: 375,000 y D2: 185,500 plantas ha⁻¹) sobre el rendimiento, las características físicas de la semilla y su calidad fisiológica en condiciones de temporal. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones (Tukey; $\alpha = 0.05$). Los resultados mostraron que la altura de planta no varió entre tratamientos (57-63 cm), al igual que el peso de 100 semillas (6.5-6.6 g) y la morfometría de la semilla (largo 5.59-5.61 mm, ancho 4.13-4.15 mm, espesor 4.14-4.20 mm). En contraste, el rendimiento individual por planta fue 75 % mayor en la D2 (3.5 vs. 2.0 g planta⁻¹; $p = 0.0005$), con incrementos en largo de vaina (95.4 vs. 90.3 mm) y número de semillas por vaina (11.8 vs. 10.3). Sin embargo, el rendimiento por superficie fue superior en D1 (783 vs. 646 kg ha⁻¹; $p = 0.0136$). La germinación (96 y 95 %) y la emergencia (86 y 84 %) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados confirman que la densidad de siembra no alteró la morfometría ni la calidad fisiológica de la semilla, pero sí determinó el balance entre rendimiento individual y poblacional.

Palabras clave: Calidad de semilla, calidad fisiológica, leguminosa.

Abstract

The mung bean (*Vigna radiata* L.) is a legume of food and forage importance and its potential as a cover crop. However, the limited availability of quality seed limits its use, which makes it necessary to evaluate management practices such as planting density. The objective of this study was to evaluate the effect of two densities (D1: 375,000 and D2: 185,500 plants ha⁻¹) on yield, seed physical characteristics and physiological quality under rainfed conditions. The experiment was set up in a completely randomized design with four replications (Tukey; $\alpha = 0.05$). The results showed that the plant height did not vary between treatments (57-63 cm), as did the weight of 100 seeds (6.5-6.6 g) and the morphometry of the seed (length 5.59-5.61 mm, width 4.13-4.15 mm, thickness 4.14-4.20 mm). In contrast, individual yield per plant was 75 % higher in D2 (3.5 vs. 2.0 g plant⁻¹; $p = 0.0005$), with increases in pod length (95.4 vs. 90.3 mm) and number of seeds per pod (11.8 vs. 10.3). However, the yield per area was higher in D1 (783 vs. 646 kg ha⁻¹; $p = 0.0136$). Germination (96 and 95 %) and emergence (86 and 84 %) did not show significant differences between treatments. These results confirm that the sowing density did not alter the morphometry or physiological quality of the seed, but it did determine the balance between individual and population yield.

Keywords: Seed quality, physiological quality, legume.

Introducción

En diversos países, los frijoles del género *Vigna*, como el frijol caupí [*V. unguiculata* (L.) Walp.; León-Villanueva *et al.*, 2025] y el frijol mungo (*V. radiata* L.; Tarahi, 2024) son valorados por su alto contenido proteico y la presencia de compuestos bioactivos con potencial en la nutrición y salud humana. El grano de *V. radiata* es fuente de proteína vegetal (entre 21 y 33 %) y contiene aminoácidos esenciales como leucina y lisina, que son generalmente escasos en los cereales básicos (Hou *et al.*, 2019; Tarahi, 2024). El consumo del grano es diverso, puede aprovecharse cocido, procesado en harina o en forma de germinados. Además, aporta fitoquímicos con efecto antioxidante e hipoglucemiante, asociados con un mejor control metabólico, en especial en poblaciones con dietas altas en carbohidratos (Sehrawat *et al.*, 2024).

El cultivo de *V. radiata* también se emplea como forraje. Esta especie puede producir rendimientos de materia seca (MS) entre 17.2 y 18.8 t ha⁻¹, con contenidos de proteína cruda entre 166 y 175 g kg⁻¹ de MS (El Karamany, 2006). Bajo condiciones de lluvia cercana a 400 mm por ciclo, el rendimiento de grano oscila entre 523 y 1,900 kg ha⁻¹ (Sánchez-Hernández *et al.*, 2024). El frijol mungo también se emplea como cultivo de cobertura y abono verde, ya que favorece la fijación de nitrógeno y mejora la fertilidad del suelo y en algunos casos también se ha asociado con menor erosión (Bibiso, 2016; Diatta *et al.*, 2024).

A pesar de su potencial, persiste una limitación importante: la disponibilidad de semilla de calidad. Resultado de la falta de apoyo sostenido al mejoramiento genético y los problemas que implica escalar la producción de semilla. Además, muchas de las prácticas agronómicas que ayudarían a incrementar el rendimiento todavía no se aplican de manera generalizada. Lo cual, repercute directamente en el rendimiento, el tamaño, la uniformidad y la germinación de las semillas (Dikr, 2023). Por ello, es necesario realizar evaluaciones agronómicas que permitan identificar cómo la densidad de siembra influye en el rendimiento de semilla, en la morfometría de vainas y semillas, y en la capacidad de germinación. La generación de esta información será de importancia para productores y técnicos, orientada a fortalecer la disponibilidad y la calidad de semilla de frijol mungo. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dos densidades de siembra sobre el rendimiento de semilla, características morfológicas de vaina y semilla, y germinación en frijol mungo.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló entre julio y septiembre de 2025 en el Sitio Experimental Aldama del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), bajo condiciones de temporal. Este lugar se ubica a 98 m de altitud, en las coordenadas 22° 51' 47.38'' N y 98° 14' 14.20'' O. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw₀), con una temperatura media anual de 23.4 °C y una precipitación promedio de 657 mm. En la Figura 1 se muestran los datos registrados de precipitación y las temperaturas mínimas y máximas durante el periodo experimental.

Se evaluó el frijol mungo (*Vigna radiata* L.) bajo dos densidades de plantas, D1: 375,000 plantas ha⁻¹ y D2: 185,500 plantas ha⁻¹. Para obtener estas densidades, los surcos estuvieron a 0.40 y 0.80 m, respectivamente, en los cuales estuvieron 15 plantas m⁻¹. La preparación del

suelo se llevó a cabo mediante labranza convencional, aplicando dos pases cruzados de rastra y, en seguida, se procedió al surcado. La siembra se realizó de manera manual el 06 de julio de 2025. No se realizó fertilización; el control de malezas se llevó a cabo manualmente y no se requirió el manejo de plagas por no haberse presentado. A los 65 días después de la siembra (dds), las semillas alcanzaron la madurez fisiológica y se cosecharon de las vainas presentes en dos surcos de 2 m, los cuales se consideraron como unidad experimental; en esta se tomó la altura de la planta (AP; cm) en tres puntos.

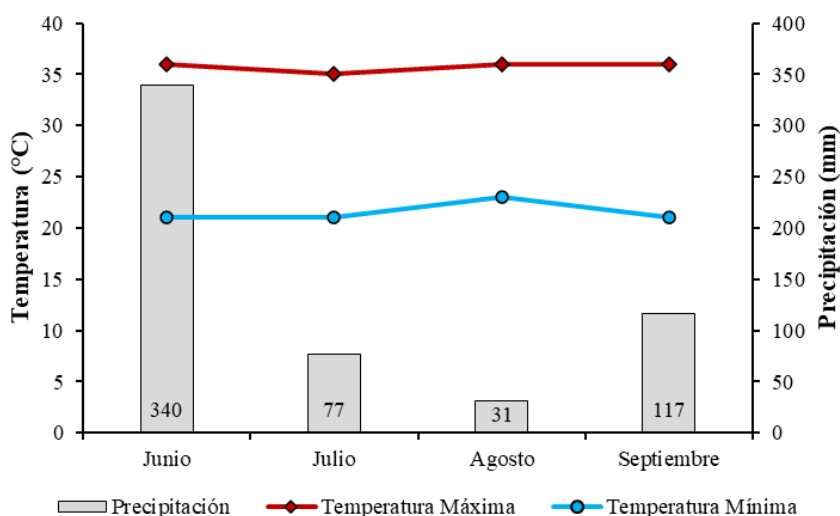


Figura 1. Precipitación y temperatura máxima y mínima que se presentaron durante el estudio en el Sitio Experimental Aldama-INIFAP (Estación meteorológica Davis Vantage Pro2 Plus).

Las vainas se llevaron al Laboratorio de Forrajes y Nutrición Animal del Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP. A estas se les midió el largo (LV; mm) y ancho (AV; mm) de vaina con un vernier digital, después se contabilizó el número de semillas por vaina. Después de trillar todas las vainas, de cada repetición se tomaron 100 semillas al azar y se colocaron en una estufa de aire forzado por 72 h a 65 °C. Posterior a esto, se calculó el rendimiento individual por planta (RIP; g planta⁻¹), el rendimiento total de semilla (RTS; kg ha⁻¹) y el peso de 100 semillas (P100S; g); los valores de estas tres variables se ajustaron al 16 % de humedad.

Así mismo, por cada repetición se tomaron 50 semillas y se midió (mm) el largo (LS), ancho (AS) y espesor (ES) de la semilla. Y con estas variables se estimaron parámetros físicos empleados en la caracterización de granos. El diámetro geométrico (DG; Ec. 1) se calculó

mediante la media geométrica de las tres dimensiones principales, de acuerdo con Mohsenin (1986):

$$DG = (LS \times AS \times ES)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Ec. (1)}$$

La esfericidad (ESF; Ec. 2) se obtuvo como la relación entre el DG y el LS (Mohsenin, 1986):

$$ESF = \frac{DG}{LS} \times 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

El área superficial (AS; Ec. 3) se estimó con base en el diámetro geométrico, empleando la fórmula propuesta por Jain y Bal (1997):

$$AS = \pi \times DG^2 \quad \text{Ec. (3)}$$

La relación de aspecto (RA; Ec. 4) se calculó como el cociente entre el AS y LS (Singh & Goswami, 1996):

$$RA = \frac{AS}{LS} \quad \text{Ec. (4)}$$

Así mismo se evaluó la germinación y emergencia, para lo cual se utilizaron 100 semillas por repetición en cada tratamiento. Para la germinación, las semillas se colocaron en cajas Petri con papel absorbente, el cual se mantuvo húmedo mediante riegos diarios durante tres días. En el caso de la emergencia, las semillas se sembraron en charolas germinativas con un sustrato formado por suelo agrícola y turba (peat moss) en proporción 1:1, con riego diario para mantener la humedad. La germinación (%) y emergencia (%) se registró a los 5 dds.

Las variables se sometieron a análisis con el procedimiento GLM de SAS Institute Inc. (2003), empleando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

El frijol mungo no presentó diferencias significativas en AP entre densidades de siembra, con valores de 57 a 63 cm (Tabla 1). Lo que sugiere que dentro del rango evaluado la competencia no fue lo suficientemente fuerte como para limitar el crecimiento vertical. En este sentido, se ha reportado que algunas variables fenotípicas (como altura, longitud de vaina) no responden linealmente a cambios de densidad, lo cual depende del genotipo y condiciones ambientales (Silva *et al.*, 2019). De igual forma, el P100S (6.5 y 6.6 g) y el ancho de vaina (5.6 y 5.7 mm) no mostraron variación estadística entre tratamientos (Tabla 1). Lo que indica que estos atributos parecen más estables frente al cambio de competencia intraespecífica. Esto coincide con hallazgos en leguminosas donde el peso de semilla es menos variable que el número de semillas frente a variaciones de la densidad de plantas (Kabir & Sarkar, 2008).

Tabla 1. Altura de planta, rendimiento y atributos de vaina de frijol mungo (*Vigna radiata* L.) en respuesta a densidades de siembra.

TRA	AP (cm)	RIP* (g planta ⁻¹)	RTS* (kg ha ⁻¹)	P100S* (g)	LV (mm)	AV (mm)	SPV (número)
D1	57 a	2.1 b	783 a	6.5 a	90.3 b	5.6 a	10.3 b
D2	63 a	3.4 a	646 b	6.6 a	95.4 a	5.7 a	11.8 a
Valor <i>P</i>	0.1098	0.0005	0.0136	0.5724	0.0026	0.1372	<0.0001

TRA: tratamiento; D1: 375,000 plantas ha⁻¹; D2: 185,500 plantas ha⁻¹; AP: altura de planta; RPP: rendimiento individual por planta; RTS: rendimiento total de semilla; P100S: peso de 100 semillas; LV: largo de vaina; AV: ancho de vaina; SPV: semillas por vaina. Promedios con literales distintas difieren significativamente (Tukey; $\alpha = 0.05$). *Valor ajustado al 16 % de humedad.

Un hallazgo destacable es el RIP, el cual fue 75 % mayor en D2 (3.5 vs. 2.0 g planta⁻¹; $p = 0.0005$). Esto sugiere que, al reducir la competencia entre plantas, cada planta puede asignar más recursos al llenado de semillas. Este comportamiento se ha observado en cultivos donde poblaciones altas promueven competencia por luz, nutrientes y agua, disminuyendo el rendimiento por planta (Baza *et al.*, 2022).

Además, en la densidad D2 los valores de LV y SPV fueron superiores (5 % y 14 %, respectivamente) respecto a D1 (Tabla 1). Estas diferencias a nivel planta no se tradujeron en mejor rendimiento total en D2, porque la densidad alta (D1) produjo 21 % más RTS (759 vs. 665 kg ha⁻¹; $p = 0.0136$). Esto indica que, aunque cada planta rindió más en D2, la mayor

cantidad de plantas en D1 compensó esa diferencia a nivel poblacional. Este resultado pone de manifiesto un aspecto clave sobre la densidad de siembra, existe un balance entre rendimiento individual y densidad de población, donde la densidad óptima no es aquella que maximiza el rendimiento por planta, sino aquella que optimiza el rendimiento por unidad de área. En estudios de Frijol mungo y otras leguminosas se ha observado que densidades intermedias pueden llegar a ser óptimas justamente por ese equilibrio (Mahajan *et al.*, 2023). Por último, aunque D2 mostró mayores valores a nivel individual en algunos atributos de vaina, su menor densidad impidió superar el rendimiento observado en D1. Esto sugiere que para condiciones similares a las del experimento, la densidad más alta puede ser preferible si el objetivo es maximizar producción por hectárea, siempre que no se comprometa la calidad de la semilla (Baza *et al.*, 2022).

Las características físicas de la semilla de frijol mungo no fueron influenciadas por la densidad de siembra. Los valores de LS estuvo entre 5.59 y 5.61 mm; el AS entre 4.13 y 4.15 mm y el ES de 4.14 y 4.20 mm (Tabla 2). De igual manera, el DG se estuvo entre 4.57 y 4.60 mm, con valores de ESF entre 81.8 y 82.4 %. El ASU osciló entre 66.0 y 66.6 mm², mientras que la relación de aspecto (RA) permaneció constante en 1.35 para ambas densidades (Tabla 2). En todas las variables evaluadas, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.05$). Que la densidad de siembra no haya afectado las características físicas de la semilla (LS, AS, ES, DG, ESF, ASU y RA) sugiere que esos atributos poseen una relativa estabilidad ante variaciones de competencia intraespecífica, al menos dentro del rango evaluado. Este comportamiento es coherente con estudios en Frijol mungo, donde factores agronómicos como espaciamiento o densidad no alteraron la calidad fisiológica ni los parámetros morfométricos de la semilla (Silva *et al.*, 2019).

La poca variación en DG y ESF podrían deberse a la variabilidad genotípica o al ambiente de formación del grano, más que a la densidad *per se*. En los estudios de semillas, donde se evalúan atributos como volumen, área superficial y proporciones morfológicas son frecuentemente usados para caracterizar diversidad entre genotipos, mostrando que esos rasgos pueden estar más influenciados por genética y ambiente que por manejo de densidad (Huang *et al.*, 2022). El hecho de que la RA haya permanecido constante (1.35 para ambas densidades) refuerza la idea de que la forma general de las semillas no fue alterada. Esto sugiere que las plantas, aún bajo diferentes grados de competencia, mantuvieron mecanismos

de desarrollo del embrión o del recubrimiento que conservan la forma estable de la semilla. En literatura de semillas, la morfología tiende a mostrar menor plasticidad frente al manejo agronómico comparado con otras características como peso o rendimiento (Razzaque & Juenger, 2022).

Tabla 2. Altura de planta, rendimiento y atributos de vaina de frijol mungo (*Vigna radiata* L.) en respuesta a densidades de siembra.

TRA	LS (mm)	AS (mm)	ES (mm)	DG (mm)	ESF (%)	ASU (mm ²)	RA
D1	5.61 a	4.15 a	4.20 a	4.60 a	82.4 a	66.6 a	1.35 a
D2	5.59 a	4.13 a	4.14 a	4.57 a	81.8 a	66.0 a	1.35 a
Valor <i>P</i>	0.7422	0.6530	0.0538	0.4977	0.1655	0.4710	0.5331

TRA: tratamiento; D1: 375,000 plantas ha⁻¹; D2: 185,500 plantas ha⁻¹; LS: largo de semilla; AS: ancho de semilla; ES: espesor de semilla; DG: diámetro geométrico; ESF: Esfericidad; ASU: área superficial; RA: relación de aspecto. Promedios con literales distintas difieren significativamente (Tukey; $\alpha = 0.05$).

La densidad de plantas no tuvo efecto significativo sobre la germinación ni sobre la emergencia de frijol mungo (*Vigna radiata* L.; $P > 0.05$). Los valores de germinación fueron de 96 y 95 % en al D1 y D2, respectivamente, mientras que la emergencia alcanzó 86 % en D1 y 84 % en D2 (Figura 2). Este comportamiento refleja que las características físicas y morfométricas de la semilla no se vieron influenciadas por la densidad de siembra, lo que explica que la germinación y la emergencia se mantuvieran constantes en ambos tratamientos. En otras palabras, al no existir cambios en el tamaño, forma o integridad de la semilla, su capacidad fisiológica para germinar y emerger fue similar en las dos densidades evaluadas. Resultados similares han sido reportados en estudios donde los atributos morfométricos de las semillas de leguminosas se mantienen estables frente a variaciones en la densidad de población, y en consecuencia no se observan diferencias significativas en germinación o emergencia (Silva *et al.*, 2019; Huang *et al.*, 2022).

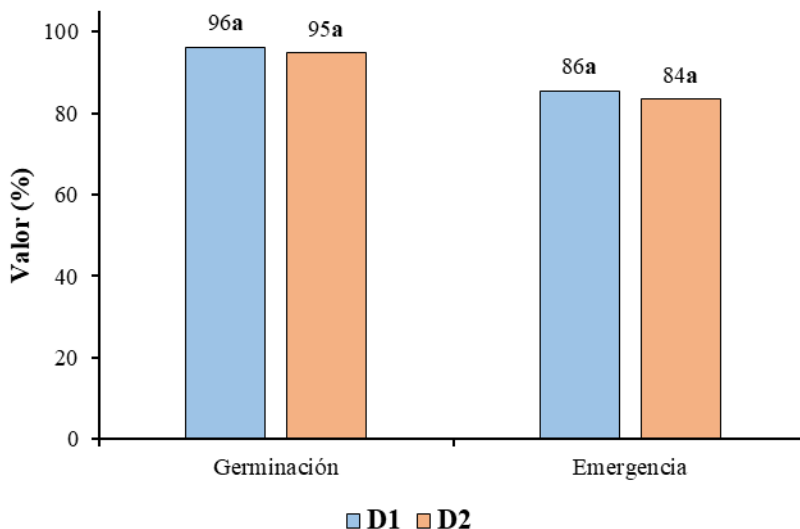


Figura 2. Valores promedio de germinación y emergencia de frijol mungo (*Vigna radiata* L.) bajo dos densidades de siembra: D1 = 375,000 plantas ha⁻¹ y D2 = 185,500 plantas ha⁻¹. Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman que la densidad de siembra en frijol mungo (375,000 o 185,500 plantas ha⁻¹) no modificó la morfometría de la semilla ni afectó su capacidad de germinación y emergencia, lo que resalta la estabilidad fisiológica de este cultivo frente a variaciones de población. Asimismo, se demostró que el rendimiento a nivel de planta y el rendimiento por superficie responden de manera opuesta a la densidad, subrayando la necesidad de ajustar el manejo para optimizar la producción por hectárea. Estos hallazgos aportan una base técnica para la definición de densidades de siembra que favorezcan altos rendimientos sin comprometer la calidad física de la semilla, con implicaciones prácticas en la producción y teóricas en la comprensión de la plasticidad del cultivo.

Referencias bibliográficas

Baza, M., Shanka, D., & Bibiso M. (2022). Agronomic and economic performance of mung bean (*Vigna radiata* L.) varieties in response to rates of blended NPS fertilizer in Kindo Koyscha district, Southern Ethiopia. *Open Life Sciences*, 17(1), 1053-1063. <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0461>

- Bibiso, A. M. (2016). A review of challenges, opportunities and management practices of mung bean (*Vigna radiata* L., Wilczek) production in Ethiopia. *International Journal of Current Research*, 9(1), 45644-45647.
- Diatta, A. A., Abaye, O., Battaglia, M. L., Leme, J. F. D. C., Seleiman, M., Babur, E., & Thomason, W. E. (2024). Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] and its potential for crop diversification and sustainable food production in Sub-Saharan Africa: A review. *Technology in Agronomy*, 4, e031. <https://doi.org/10.48130/tia-0024-0030>
- Dikr, W. (2023). Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Production Status and Challenges in Ethiopia. *Global Academic Journal of Agriculture and Biosciences*, 5(2), 13-22. <https://doi.org/10.36348/gajab.2023.v05i02.002>
- El Karamany, M. F. (2006). Double purpose (forage and seed) of mungbean production 1- Effect of plant density and forage cutting date on forage and seed yields of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2(4), 162-165.
- Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., & Feng, N. (2019). Mung bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive polyphenols, nutritional profile, and health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11), 2558. <https://doi.org/10.3390/nu11061238>
- Huang, X., Zheng, S., & Zhu, N. (2022). High-Throughput Legume Seed Phenotyping Using a Handheld 3D Laser Scanner. *Remote Sensing*, 14(2), 431. <https://doi.org/10.3390/rs14020431>
- Jain, R. K., & Bal, S. (1997). Properties of pearl millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(2), 85-91. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0119>
- Kabir, M. H., & Sarkar M. A. R. (2008). Seed yield of mungbean as affected by variety and planting spacing in Kharif-I season. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 6(2), 239-244.
- León-Villanueva, A., Loredó-Sauceda, E., Maldonado-Peralta, R., & Salinas-Vargas, D. (2025). Extracción y caracterización de aislados proteicos de frijol caupí (*Vigna unguiculata*). *Revista Interdisciplinaria de Ingeniería Sustentable y Desarrollo Social*, 11(1), 27-38. <https://doi.org/10.63728/riisds.v11i1.71>

- Mahajan, G., Wenham, K., & Chauhan, B. S. (2023). Mungbean (*Vigna radiata*) growth and yield response in relation to water stress and elevated day/night temperature conditions. *Agronomy*, 13(10), 2546. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102546>
- Mohsenin, N. N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials* (2nd ed.). Gordon and Breach Science Publishers.
- Razzaque, S. & Juenger T. E. (2022). The ecology and quantitative genetics of seed and seedling traits in upland and lowland ecotypes of a perennial grass. *Evolution Letter*, 6(6), 460-473. <https://doi.org/10.1002/evl3.297>
- Sánchez-Hernández, M. Á., Morales-Terán, G., García-Pérez, F., Villanueva-Sánchez, E., & Sánchez-Hernández, C. (2024). Rendimiento de grano de *Vigna radiata* L. en diferentes densidades de población en trópico húmedo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(3), 243-251. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.243>
- SAS Institute Inc. (2003). *SAS/STAT user's guide* (Version 9.1). SAS Institute Inc.
- Sehrawat, N., Yadav, R., Bhat, K. V., & Kumar, A. (2024). Dietary mung bean as promising food for human health: gut microbiota modulation and insight into factors, regulation, mechanisms and therapeutics-an update. *Food Science and Biotechnology*, 33, 2035-2045. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01495-8>
- Silva, E. C., Peixoto, N., Arruda, N., Ferreira, N. C. F., & Oliveira, L. A. B. (2019). Yield and development of mung bean according to the plant density. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(4), 14-20.
- Singh, K. K., & Goswami, T. K. (1996). Physical properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64(2), 93-98. <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0049>
- Tarahi, M. (2024). The potential application of mung bean (*Vigna radiata* L.) protein in plant-based food analogs: A Review. *Legume Science*, 6(4): e70011. <https://doi.org/10.1002/leg3.70011>