

## RENDIMIENTO DE GRANO DE *Vigna radiata* L. EN DIFERENTES DENSIDADES DE POBLACIÓN EN TRÓPICO HÚMEDO

### GRAIN YIELD OF *Vigna radiata* L. AT DIFFERENT PLANT DENSITIES IN HUMID TROPICS

Miguel Ángel Sánchez-Hernández<sup>1</sup>, Gladis Morales-Terán<sup>1</sup>, Florinda García-Pérez<sup>3</sup>, Evert Villanueva-Sánchez<sup>2</sup> y César Sánchez-Hernández<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Loma Bonita, Oaxaca, México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México.

<sup>3</sup>NovaUniversitas. Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México.

\*Autor de correspondencia (cesarsh79@hotmail.com)

#### RESUMEN

Debido a sus características agronómicas y nutricionales, el frijol mungo (*Vigna radiata* L.) se usa en la alimentación humana y animal así como para restituir la fertilidad del suelo. El objetivo de esta investigación fue estimar los componentes de crecimiento y rendimiento de semilla en frijol mungo a diferentes densidades de población y épocas de siembra en condiciones de temporal en Loma Bonita, Oaxaca, México. Se establecieron tres ensayos durante 2018, 2019 y 2020 en la Universidad del Papaloapan. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro densidades de población: 71,425; 95,232; 142,850 y 285,714 plantas ha<sup>-1</sup> y tres repeticiones. La parcela experimental fue de 12.0 m<sup>2</sup>, con cuatro surcos de 4.0 m de largo, con separación de 75 cm. En cinco plantas por unidad experimental se midió altura de planta, diámetro de tallo, área foliar por planta, número de hojas trifoliadas, folíolos por planta, vainas por planta, semillas por vaina, número de semillas por planta, longitud y ancho de vaina, peso de 100 semillas, y rendimiento de semilla por planta y por hectárea. La información se sometió a análisis de varianza con PROC GLM de SAS y una comparación de medias de tratamientos (Tukey, P ≤ 0.05). Los resultados indicaron que el frijol mungo se adapta a las condiciones de producción que imperan en el trópico húmedo de México, viéndose favorecidos los componentes de rendimiento número de vainas por planta, granos por vaina y el peso de 100 semillas a densidades bajas. El rendimiento de grano aumentó en 46, 103 y 155 % al incrementarse la densidad de población de plantas estudiadas. Se concluye que para obtener el más alto rendimiento de grano de frijol mungo en condiciones de temporal en trópico húmedo de México se debe sembrar a una densidad de población de 285,714 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** *Vigna radiata* L., frijol mungo, densidad de siembra, trópico húmedo.

#### SUMMARY

Due to its agronomic and nutritional characteristics, mung bean (*Vigna radiata* L.) is used in human and animal feed, as well as to restore soil fertility. The objective of this research was to estimate growth and seed yield components in mung bean, at different plant densities and sowing times under rainfed conditions in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico. Three trials were established during 2018, 2019 and 2020 at the Universidad del Papaloapan. A randomized complete block design with four plant densities: 71,425; 95,232; 142,850 and 285,714 plants ha<sup>-1</sup> and three replications. The experimental plot was 12.0 m<sup>2</sup> with four rows 4.0 m long, 75 cm apart. In five plants per experimental unit, the following traits were measured: plant height, stem diameter, leaf area per plant, number of trifoliolate leaves, leaflets per plant,

pods per plant, seeds per pod, number of seeds per plant, pod length and width, weight of 100 seeds, and seed yield per plant and per hectare. The information was subjected to analysis of variance with PROC GLM of SAS and a comparison of means of treatments (Tukey, P ≤ 0.05). Results indicated that mung bean is adapted to the production conditions prevailing in the humid tropics of Mexico, favoring the yield components number of pods per plant, grains per pod and 100-seed weight at low plant densities. Grain yield increased by 46, 103 and 155 % as plant density increased. It is concluded that to obtain the highest grain yield of mung bean under rainfed conditions in the humid tropics of Mexico, it is necessary to establish a population density in 285,714 plants ha<sup>-1</sup>.

**Index words:** *Vigna radiata* L., humid tropics, mung bean, sowing density.

#### INTRODUCCIÓN

El frijol mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] es una especie que prospera en regiones tropicales y subtropicales (Birhanu *et al.*, 2018). En México existen especies del género *Vigna* en Tamaulipas, Yucatán, Tabasco, Campeche y Guerrero (Apáez *et al.*, 2016). La especie es una leguminosa de ciclo biológico corto, de 70 a 90 días, y en ocasiones hasta 110 días (El Karamany, 2006), el grano contiene 24-28 % de proteína, 51 % de carbohidratos, 4 % de minerales y 3 % de vitaminas (Kumar *et al.*, 2013; Mathivathana *et al.*, 2018; Mondal *et al.*, 2012). Esta leguminosa, además de usarse en alimentación humana y animal, restituye la fertilidad del suelo al fijar, en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, hasta 300 kg ha<sup>-1</sup> de N atmosférico (Sarwar *et al.*, 2019; Tabasum *et al.*, 2010). Se ha indicado que en frijol mungo se obtienen rendimientos de grano de 1.1 t ha<sup>-1</sup> (Win *et al.*, 2019), y puede utilizarse en producción de forraje para alimentar aves, estimándose 29 t ha<sup>-1</sup> de forraje a los 65 días después de la siembra (dds) (19.3 % de MS y 16.8 % de proteína en hojas), con un rendimiento de grano a los 100 dds de 1.32 t ha<sup>-1</sup>, con un 22.7 % de proteína en grano a una densidad de 620,000 plantas por hectárea (El Karamany, 2006).

Las mayores dificultades para alcanzar rendimientos de grano aceptables de  $1.5 \text{ t ha}^{-1}$  en *Vigna radiata* (Sarwar *et al.*, 2019) se relacionan con la pérdida de variabilidad genética, bajos índices de cosecha, susceptibilidad a enfermedades (Mariyammal *et al.*, 2019), aunado a falta de variedades locales que muestren alto potencial de rendimiento, ocasionado por la carencia de una base genética amplia para resistencia a enfermedades y variedades altamente rendidoras de grano y de fácil acceso a los productores (Khattak *et al.*, 2019). Existe también variación en épocas de siembra, planes incorrectos de fertilización y uso inadecuado de la densidad de siembra (Hamim y Choudhary, 2019).

Sathyamoorthi *et al.* (2007) aseguraron que en frijol mungo el rendimiento es resultado del desempeño productivo de plantas individuales y su número por unidad de área, identificándose que densidades óptimas de plantas generan alta productividad. Por su parte, Singh *et al.* (2011), en un experimento con frijol mungo en India y Taiwán, probaron la densidad de plantas y su efecto en el crecimiento y rendimiento de esta leguminosa y recomendaron  $400,000 \text{ plantas ha}^{-1}$  ( $25 \times 10 \text{ cm}$ ), aclaran que en zonas lluviosas con presencia de enfermedades fungosas, se deben usar  $200,000 \text{ plantas ha}^{-1}$ , con siembra a doble hilera en camas elevadas, separadas a  $50 \text{ cm}$ , con un espaciamiento entre plantas de  $10 \text{ cm}$ . Así mismo, Birhanu *et al.* (2018) estudiaron en el norte de Etiopía el efecto de  $40 \text{ cm}$  entre surcos y  $15 \text{ cm}$  entre plantas ( $166,500 \text{ plantas ha}^{-1}$ ) sobre el rendimiento de *Vigna radiata* L. en condiciones lluviosas e indicaron que el espaciamiento intrasurcos y entre surcos afecta la fenología, el crecimiento, el rendimiento y sus componentes.

En un clima tropical seco, al inicio de las lluvias, como en Tamaulipas, México, *Vigna radiata* L. debe producir hasta  $5 \text{ t MS ha}^{-1}$ , a una distancia entre surcos de  $80 \text{ cm}$  y  $5 \text{ cm}$  entre plantas ( $250,000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ), sembrando de  $8$  a  $10 \text{ kg}$  de semilla  $\text{ha}^{-1}$  para cosechar en  $70$  a  $75$  días, para ensilar o henificar (Ávila, 2013); por tanto, el frijol mungo por su ciclo corto y contenido alto de proteína sería una opción atractiva para cubrir estas necesidades de forrajes, ya sea en fresco o ensilado en el trópico húmedo mexicano. Con la finalidad de caracterizar de manera productiva a *Vigna radiata* L. se han identificado como principales componentes de rendimiento a la altura de planta, vainas por planta, longitud y ancho de vaina, semillas por vaina, peso de  $100$  semillas y rendimiento de semilla por planta (Canci y Toker, 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar los principales componentes del crecimiento y rendimiento de grano en frijol mungo bajo diferentes densidades y épocas de siembra en temporal en condiciones de Loma Bonita, Oaxaca, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se condujo en la Posta Zootécnica de la Universidad del Papaloapan en Loma Bonita, Oaxaca, México ( $18^\circ 06' \text{ LN}$ ,  $95^\circ 52' \text{ LW}$ ) a  $25$  metros sobre el nivel del mar. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano, la precipitación de  $1845.2 \text{ mm}$  anuales y una temperatura promedio de  $25^\circ \text{C}$  (INEGI, 2005). Las condiciones climáticas imperantes durante la realización del experimento se muestran en la Figura 1.

Las condiciones del suelo fueron: pH  $5.2$ , materia orgánica  $2.9 \%$ , nitrógeno  $22.3 \text{ mg kg}^{-1}$ , fósforo  $44.3 \text{ mg kg}^{-1}$ , potasio  $216 \text{ mg kg}^{-1}$ , calcio  $799 \text{ mg kg}^{-1}$ , Fe  $46.3 \text{ mg kg}^{-1}$ , CIC  $6.2 \text{ cmol (+) kg}^{-1}$ , densidad aparente  $1.35 \text{ g cm}^{-3}$ . Arena  $60.8 \%$ , limo  $34.8 \%$  y arcilla  $4.4 \%$  generaron una textura de suelo franco arenoso, las cuales fueron idóneas para el desarrollo del cultivo. Se establecieron tres ciclos de producción: E1: de octubre 2017 a febrero 2018, E2: de septiembre de 2018 a febrero de 2019 y E3: de octubre 2019 a febrero de 2020. La semilla provino de Yucatán, México. Las parcelas se fertilizaron con la dosis  $60\text{-}40\text{-}20$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , mediante las fuentes urea ( $46\text{-}00\text{-}00$ ), fosfato diamónico ( $18\text{-}46\text{-}00$ ) y cloruro de potasio ( $00\text{-}00\text{-}60$ ). El control de malezas fue manual y se hizo un control químico de plagas y enfermedades.

El diseño fue bloques completos al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos, que fueron las densidades de población: D1  $71,425$ ; D2  $95,232$ ; D3  $142,850$  y D4  $285,714 \text{ plantas ha}^{-1}$ . La unidad experimental fue de  $12.0 \text{ m}^2$ , constituida por cuatro surcos de  $4 \text{ m}$  de largo, con una separación de  $0.75 \text{ m}$  y distancia entre plantas de  $18.62$ ,  $13.96$ ,  $9.31$  y  $4.66 \text{ cm}$  para las densidades D1, D2, D3 y D4, respectivamente.

En cinco plantas por unidad experimental se midió altura de planta (ALP, cm) de la base del suelo hasta la yema apical, diámetro de tallo (DTA, cm), área foliar por planta (AFP,  $\text{cm}^2$ ) para lo cual se midió largo de hoja (L) por el ancho (A) y se multiplicó por  $0.703$  (Musa *et al.*, 2016). También se contó el número de hojas trifoliadas (NHT) y el número de foliolos por planta (NFP), número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV), semillas por planta (SPP), longitud y ancho de vaina (LVA, AVA; cm). El peso de  $100$  semillas (PCS, g) se obtuvo mediante el uso de una báscula analítica digital. Además, se estimó rendimiento de semilla por planta (RSP,  $\text{g planta}^{-1}$ ) y por hectárea (RSH,  $\text{kg ha}^{-1}$ ). El RSH ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) se obtuvo multiplicando el RSP ( $\text{g por planta}$ )  $\times$  el número de plantas de cada una de las densidades en estudio, dividido entre  $1000$ .

La información se sometió a análisis de varianza con

PROC GLM de SAS y se realizó una comparación de medias de tratamientos (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) para variables que mostraron significancia estadística. Finalmente de se realizó un análisis de correlación entre las variables evaluadas.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al estudiar diferentes densidades de población de sobre el rendimiento de frijol mungo y sus componentes, el análisis de varianza detectó diferencias entre tratamientos en los tres experimentos que se efectuaron (Cuadro 1).

#### Componentes de crecimiento

##### Altura de planta (cm)

En el ciclo E1 no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, variando de 44.3 cm (D4) a 52.0 cm (D3). En E2 y E3 existieron diferencias estadísticas entre densidades; por ejemplo, con D4 se tuvo una mayor altura de planta: en E2 la ALP fue de 75.3 cm y en E3 de 45.9 cm (Cuadro 1). Por lo anterior, se observó que al tener un mayor número de plantas se alcanzaron alturas de planta superiores, por la competencia que se genera por luz y nutrientes (Cuadro 1).

En general, en el ciclo E2 la altura de planta fue superior en las cuatro densidades de población probadas, atribuido a una mayor cantidad de lluvia (Figura 1), aunado a que, de

acuerdo con Mariyammal *et al.* (2019), la altura de planta en *Vigna radiata* L. es un carácter de alta heredabilidad que se ha estimado en  $h^2 = 94.7\%$ . Amanullah *et al.* (2018) produjeron *Vigna radiata* L. en Pakistán en 2015 en diferentes densidades, las cuales generaron diferentes alturas de planta. Con 160,000 plantas  $ha^{-1}$  se obtuvo una altura de planta de 23 cm, con 290,000 plantas  $ha^{-1}$  29.0 cm y con 380,000 plantas  $ha^{-1}$  31 cm; las diferencias las atribuyeron a la fertilidad del suelo. Sarwar *et al.* (2019) en frijol mungo reportaron una altura de planta de 60.1 cm (520,600 plantas  $ha^{-1}$ ) y 68.2 cm (613,300 plantas  $ha^{-1}$ ). Los cambios en altura de planta se debieron a que utilizaron genotipos de frijol mungo diferentes; concluyeron que genotipos y fechas de plantación afectan la altura de la planta en esta especie de Fabaceae.

##### Diámetro de tallo (cm)

En el ciclo E1 con D2 el diámetro de tallo fue de 0.64 cm, estadísticamente igual al de las otras densidades, pero diferente al del obtenido con D4 (0.48 cm) ( $P \leq 0.05$ ), por la competencia que se generó por espacio, agua y nutrientes (Singh *et al.*, 2011). En el ciclo E2 con D1 se tuvo un DTA de 1.34 cm, que disminuyó en D4 (1.23 cm) (Cuadro 1). Cabe destacar que en E2 todos los diámetros de tallo superaron lo registrado en el primer experimento, al presentarse un mejor porte de planta, por la mayor cantidad de lluvia que se registró, lo que contribuyó a que se aprovecharan de una manera correcta los nutrientes aportados con la fertilización edáfica. En E3 el mayor diámetro de tallo fue

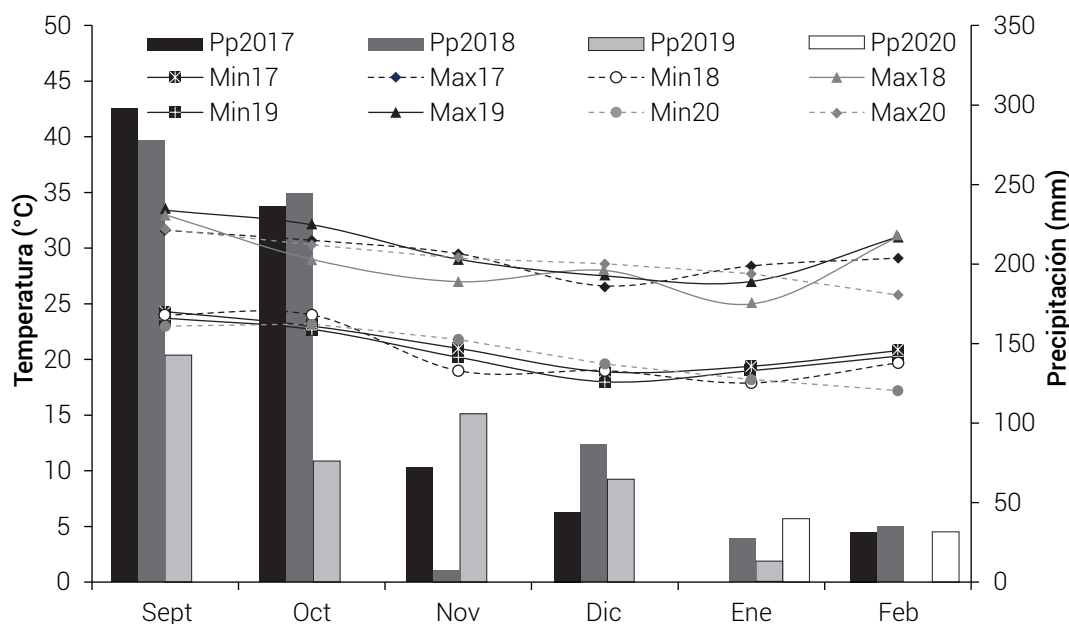


Figura 1. Comportamiento de la temperatura mínima y máxima (°C) y de la precipitación durante los años 2017 a 2020 en Loma Bonita, Oaxaca, México.

**Cuadro 1. Promedios para componentes de crecimiento en frijol mungo. Loma Bonita, Oaxaca, México.**

Variable	Ciclo	Densidad (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Media	DHS	CV
		D1	D2	D3	D4			
ALP	E1	46.7 a	51.2 a	52.0 a	44.3 a	48.6	7.9	16.8
	E2	74.5 ab	74.0 b	74.9 ab	75.3 a	74.7	1.2	1.6
	E3	42.4 ab	37.8 b	40.3 ab	45.9 a	41.6	6.2	15.4
DTA	E1	0.59 a	0.64 a	0.63 a	0.48 b	0.60	0.7	12.8
	E2	1.34 a	1.30 b	1.27 c	1.23 d	1.30	0.02	2.2
	E3	0.45 a	0.44 a	0.40 b	0.32 c	0.39	0.01	18.8
AFP	E1	952.0 ab	1290.0 a	1293.3 a	744.5 b	1070.0	346.8	33.3
	E2	3456.0 a	3035.7 bc	3061.4 b	2827.8 c	3095.2	212.4	7.1
	E3	814.2 a	608.0 b	549.1 b	460.0 b	607.7	185.3	31.3
NHT	E1	8.1 ab	8.8 a	8.6a b	7.0 b	8.1	1.7	21.6
	E2	17.1 a	15.1 b	15.2 b	14.5 c	15.5	0.6	3.8
	E3	6.3 a	7.0 a	6.1 ab	5.3 b	6.1	0.9	16.5
NFP	E1	26.4 ab	28.4 a	27.8 ab	23.2 b	26.5	5.1	19.9
	E2	50.4 a	44.8 bc	45.4 b	43.3 c	46.0	1.7	3.8
	E3	19.4 a	20.7 a	19.6 a	15.9 b	18.9	3.7	17.2

D1: 71,425, D2: 95,232, D3: 142,850 y D4: 285,714 plantas ha<sup>-1</sup>. E1: de oct 2017 a feb 2018, E2: sep 2018 a feb 2019, E3: oct 2019 a feb 2020. ALP: altura de planta (cm), DTA: diámetro de tallo (cm), AFP: área foliar por planta (cm<sup>2</sup>), NHT: número de hojas trifoliadas por planta, NFP: número de foliolos por planta. a, b, c: letras iguales dentro de columnas no muestran significancia estadística a una  $P \leq 0.05$ , DHS: diferencia honesta significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), CV: coeficiente de variación (%).

con D1 y el diámetro de tallo menor fue con D4 (Cuadro 1), confirmando que a densidades bajas las plantas presentan tallos de mayor grosor.

### Área foliar por planta (cm<sup>2</sup>)

El área foliar por planta en el ciclo E1 varió de 1293.3 cm<sup>2</sup> (D3) a 744.5 cm<sup>2</sup> (D4) (Cuadro 1). Se observa para E2 y E3 que el área foliar por planta disminuye conforme aumenta la densidad de plantas por ha<sup>-1</sup>, lo que indica que en *Vigna radiata* con un alto número de plantas el área foliar disminuye. En E2 el área foliar por planta fue estadísticamente diferente entre tratamientos (Cuadro 1), ya que ésta cambió desde 3456.0 cm<sup>2</sup> (D1) hasta 2827.8 cm<sup>2</sup> (D4), dejando en claro que de un ciclo de cultivo a otro las condiciones de lluvia y temperatura (Figura 1) generaron variantes en acumulación de área foliar por planta. En E3 se tuvieron las menores acumulaciones de área foliar, en la que destacó la densidad D1. La baja acumulación de área foliar en E3 obedeció a una menor cantidad de lluvia. Thalooth *et al.* (2006) produjeron frijol mungo en Egipto en condiciones de riego. A los 75 días después de siembra estimaron valores de área foliar de 838.6 y 888.0 cm<sup>2</sup>.

Mondal *et al.* (2012) probaron seis variedades de frijol mungo en Bangladesh, a 300,000 plantas ha<sup>-1</sup>, después de 65 días de siembra reportaron un área foliar por planta de 550 a 2200 cm<sup>2</sup> en 2010 y de 560 a 2000 cm<sup>2</sup> en 2011. Mondal *et al.* (2013) estimaron en frijol mungo un área foliar por planta de 1265 a 1390 cm<sup>2</sup> y Abid *et al.* (2018) reportaron un área foliar de 824.5 a 1089 cm<sup>2</sup>.

### Número de hojas trifoliadas por planta

La mayor cantidad de hojas trifoliadas por planta en el primer estudio osciló entre 8.1 (D1) y 8.8 (D2), estadísticamente diferentes de la cantidad de hojas trifoliadas (7.0) que hubo en la densidad D4. En el experimento E2, el mayor número de hojas trifoliadas se alcanzó con D1 (17.1) y la menor cantidad se tuvo al establecer D4, con 14.5 hojas trifoliadas. En el tercer ensayo el número de hojas trifoliadas fue entre 5.3 y 7.0 (Cuadro 1). Dakhal *et al.* (2015) evaluaron en la India el crecimiento y rendimiento de *Vigna radiata* a 666,666 plantas ha<sup>-1</sup> en época de lluvias. Transcurridos 45 días después de la siembra obtuvieron 6.8 hojas trifoliadas en el testigo y un máximo de 12.5 hojas trifoliadas cuando

se usó como tratamiento 75 % de la dosis de fertilización 20-40-20 (N<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) + 2.5 t ha<sup>-1</sup> de vermicomposta + *Rhizobium* + fósforo solubilizado con bacterias. Mondal *et al.* (2013), en un estudio efectuado en la India donde se aplicaron 0 a 100 ppm de quitosano, reportaron en frijol mungo de 12.6 a 18.7 hojas trifoliadas por planta.

### Número de foliolos por planta

En los tres ensayos efectuados se encontraron diferencias en NFP, mismas que estuvieron en concordancia con el número de hojas trifoliadas por planta (Cuadro 1). Así, en el ciclo E1 el mayor NFP se tuvo con D2 (28.4), siendo estadísticamente diferente del NFP en D4 (23.2). En E2 el mayor número de foliolos (50.2) se tuvo con la densidad D1, estadísticamente diferente de D2 (44.8), D3 (45.4) y D4 (43.3). En E3 el NFP en D1, D2 y D3 fueron estadísticamente iguales y el menor NFP se tuvo con D4, observándose una tendencia a disminuir al incrementarse la densidad de plantas ha<sup>-1</sup>, asociado a una menor intercepción de luz por el dosel del cultivo. Al respecto, Soehendi *et al.* (2014) indicaron que el número y tamaño de los foliolos estuvieron relacionados con la intercepción de luz por el dosel. De esta forma, un mayor nivel de sombreado puede reducir el rendimiento de semilla. En frijol mungo, plantas F<sub>2</sub> de la cruce de dos mutantes provenientes de irradiación gama segregaron en una proporción 9:3:3:1, lo que indica que dos genes independientes controlan el número y tamaño de foliolos. Por su parte, Lee *et al.* (2004) describieron que la variedad Sangang de frijol mungo registrada en Korea presenta foliolos lobulados que interceptan mayor cantidad de luz que la variedad testigo Seonhwanogdu.

### Componentes de rendimiento

#### Número de vainas por planta

En el ciclo E1 el frijol mungo produjo de 21.3 a 26.9 NVP, sin diferencias entre tratamientos (P > 0.05; Cuadro 2). Kumar *et al.* (2018) probaron la densidad de plantas en el rendimiento de frijol mungo en condiciones de lluvia en la India. A 333,333 plantas ha<sup>-1</sup> obtuvieron 17.3 vainas por planta y a 222,222 plantas ha<sup>-1</sup> 19.2 vainas por planta. En el ensayo E2 el mayor NVP se tuvo con D1 (56.5 vainas), valor estadísticamente diferente de lo observado en D4 con 51.3 NVP, debido a un mejor desarrollo de plantas que acumularon más área foliar. En D1 se tuvo una AFP de 3456 cm<sup>2</sup>, siendo estadísticamente diferente de D4 con una AFP de 2827.8 cm<sup>2</sup> y un mayor diámetro de tallo en D1, de 1.34 cm, estadísticamente diferente de D4, con 1.23 cm (Cuadro 1). En E3, al igual que en E2, el mayor NVP se registró con D1 (Cuadro 2); no obstante, en E3 se tuvo un menor número de vainas, como consecuencia de una menor cantidad de lluvia, observándose que en la época reproductiva hubo

presencia de vientos fuertes que generaron caída de flores en el cultivo. Biswas *et al.* (2002) probaron la influencia de la densidad de población en el crecimiento y rendimiento de diferentes variedades de frijol mungo. Ellos encontraron diferencias en número de vainas por planta, que varió con 28.0, 22.8 y 13.1 para las densidades de 250,000, 330,000 y 500,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Los mismos autores mencionaron que en estudios previos se reportó un mayor número de vainas por planta a densidades bajas. Laekemariam y Worku (2013) establecieron *Vigna radiata* a 333,333 plantas por hectárea en diferentes fechas de siembra y encontraron que el número de vainas por planta cambió de 26.8 (7 de agosto) a 35.9 (8 de julio) y aseguraron que una buena humedad genera crecimientos vegetativos vigorosos, aumentando el índice de área foliar, mayor acumulación de materia seca y con ello más vainas por planta.

#### Número de semillas por vaina

Se tuvieron diferencias en el número de semillas por vaina entre densidades de siembra (P < 0.05). En D2 se contaron 9.9 semillas por vaina, mientras que en D4 hubo 8.3 semillas por vaina. En E2, con el uso de D1, se tuvieron 14.6 semillas por vaina, estadísticamente diferente de las densidades D2 (13.5 semillas) y D3 (12.6 semillas). Por otra parte, D4 tuvo 11.3 semillas por vaina. En el ciclo E3 el NSV fue superior en D1 y el número más bajo de SPV se obtuvo con D3. La información obtenida confirma que en E2, tanto el vigor de la planta como los componentes de rendimiento, se favorecieron por la lluvia y temperatura que permitieron una expresión idónea de las plantas de *Vigna*. Por su parte, Biswas *et al.* (2002) midieron la influencia de la densidad de población en el crecimiento y rendimiento de frijol mungo. En su investigación contaron 6.5, 6.7 y 6.7 semillas por planta para las densidades de 250,000, 333,333 y 500,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Infante *et al.* (2003) probaron los cultivares de frijol mungo ML267 (India), VC1973C (Filipinas) y un criollo (testigo), establecidos a 111,111 plantas ha<sup>-1</sup>. Los resultados indicaron que ML267 presentó 37.6 vainas por planta y el criollo 38.4, estadísticamente iguales pero diferentes de VC1973C con 26.7 vainas (P ≤ 0.05). En el número de semillas por vaina no se detectaron diferencias significativas entre VC1973C (9.95) y el criollo (9.92) (P > 0.05), pero se presentó diferencia significativa con respecto a ML267 (8.83 semillas).

#### Semillas por planta

En el ciclo E1 hubo diferencias entre tratamientos. En un grupo de significancia se contó 278.6 semillas por planta con D2 y 216.7 semilla por planta con D3; en otro grupo de significancia estuvieron las densidades D1 (192 semillas) y D4 (182.2 semillas por planta). En el E2 se contó con 825.3

**Cuadro 2. Promedios para componentes de rendimiento en frijol mungo. Loma Bonita, Oaxaca, México.**

Variable	Ciclo	Densidad (Plantas ha <sup>-1</sup> )				Media	DHS	CV
		D1	D2	D3	D4			
NVP	E1	21.3 a	26.9 a	22.3 a	21.4 a	23.0	6.3	28.4
	E2	56.5 a	54.4 b	53.3 c	51.3 d	53.9	1.0	1.9
	E3	20.5 a	16.5 b	15.7 b	16.1 b	17.2	3.4	20.2
NSV	E1	9.0 ab	9.9 a	9.3 ab	8.3 b	9.1	1.2	13.0
	E2	14.6 a	13.5 b	12.6 c	11.3 d	13.0	0.8	6.4
	E3	11.7 a	10.8 ab	10.5 b	10.8 ab	11.0	1.1	10.7
SPP	E1	192.0 b	278.6 a	216.7 ab	182.2 b	217.4	68.0	32.2
	E2	825.3 a	734.1 b	670.4 c	583.0 d	703.2	46.8	6.9
	E3	238.9 a	182.3 b	166.0 b	175.0 b	190.5	42.5	22.9
LVA	E1	8.6 a	8.7 a	8.5 a	7.7 b	8.4	0.7	8.2
	E2	14.4 a	14.4 a	14.4 a	13.8 b	14.3	0.4	3.0
	E3	9.7 a	9.6 a	9.7 a	9.6 a	9.6	1.0	8.7
AVA	E1	5.2 a	4.9 ab	4.7 bc	4.5 c	4.8	0.3	7.2
	E2	4.2 b	4.3 a	4.1 c	4.2 b	4.2	0.05	1.2
	E3	4.9 a	5.5 a	4.9 a	4.9 a	5.1	0.8	15.9
PCS	E1	5.8 b	4.8 d	6.9 a	5.3 c	5.7	0.3	0.1
	E2	6.6 a	6.5 a	6.4 b	6.3 c	6.5	0.07	1.2
	E3	6.1 c	6.7 a	6.7 a	6.5 b	6.5	0.01	2.3
RSP	E1	7.3 b	14.8 a	13.4 a	5.7 b	10.3	2.9	29.4
	E2	25.0 a	24.0 b	23.5 b	22.9 c	23.9	0.5	2.6
	E3	11.9 a	9.4 b	7.9 c	8.8b c	9.5	1.4	15.4
RHA	E1	523.3 c	1412.6 b	1910.3 a	1616.0 ab	1365.5	336.3	25.3
	E2	1782.3 d	2285.6 c	3353.2 b	6542.8 a	3490.9	108.5	3.2
	E3	847.6 c	895.2 c	1133.3 b	2514.3 a	1347.6	186.7	14.3

D1: 71,425, D2: 95,232, D3: 142,850 y D4: 285,714 plantas ha<sup>-1</sup>. E1: de oct 2017 a feb 2018, E2: sep 2018 a feb 2019, E3: oct 2019 a feb 2020. NVP: número de vainas por planta, NSV: número de semillas por vaina, SPP: semillas por planta, LVA: longitud de vaina (cm), AVA: ancho de vaina (mm), PCS: peso de 100 semillas (g), RSP: rendimiento de semilla por planta (g), RHA: rendimiento de semilla por hectárea (kg ha<sup>-1</sup>). a, b, c: letras iguales dentro de hileras no muestran significancia estadística a  $P \leq 0.05$ , DHS: diferencia honesta significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), CV: coeficiente de variación (%).

(D1) y 583 (D4), para un máximo y mínimo de SPP. En el E3 sobresalió D1 y el menor número de SPP se tuvo con D3. En E2, al tener más semillas por vaina, se tuvo también un alto número de semillas por planta. Aslam *et al.* (2010) aplicaron diferentes fuentes de fósforo en *Vigna radiata* variedad NM-92 en Pakistán y obtuvieron entre 126 y 244 semillas por planta, según el tratamiento de fertilización utilizado.

### Longitud de vaina

La variable longitud de vaina en el ciclo E1 fue estadísticamente igual en las tres densidades (D1, D2 y D3), con valores de 8.6, 8.7 y 8.5 cm ( $P > 0.05$ ), pero estadísticamente diferentes de D4, cuya longitud de vaina

fue de 7.7 cm ( $P \leq 0.05$ ). Para E2 la LVA fue de 14.4 cm en tres densidades, excepto en D4, que tuvo LVA de 13.8 cm ( $P < 0.05$ ). En el E3 no se detectaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre densidades de siembra, oscilando entre 9.6 y 9.7 cm. Las diferencias observadas entre ensayos se explican por un desarrollo de plantas distinto. Al respecto, Infante *et al.* (2003) en *Vigna radiata* L. establecida a 111,111 plantas ha<sup>-1</sup> estimaron una longitud de vaina que varió según el cultivar: ML267 (8.28 cm), criollo (8.17 cm) y VC1973C (8.68 cm). Jahan y Harnid (2004), al evaluar frijol mungo en Bangladesh a 100,000 plantas ha<sup>-1</sup>, obtuvieron una longitud de vaina de 8.55 cm a 200,000 plantas ha<sup>-1</sup>, valor que disminuyó a 7.61 cm con 300,000 plantas y a 6.64 cm con 400,000 y 500,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

### Ancho de vaina

En el ciclo E1 se observó un ancho de vaina de 5.2 mm (D1) y 4.9 mm (D2), siendo más bajo en la densidad D4 (4.5 mm). En E2 el mayor ancho de vaina fue con D2 (4.3 mm) y el más bajo ocurrió con D3 (4.1 mm). Cabe destacar que en E3 el ancho de vaina no mostró diferencias entre tratamientos y su valor fue de 4.9 a 5.5 mm. Pekşen *et al.* (2015), en Turquía, con diferentes variedades de frijol mungo a 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>, obtuvieron un ancho de vaina de 4.1 a 5.1 mm; dicha variación fue resultado de variaciones morfológicas entre genotipos.

### Peso de 100 semillas

En el ciclo E1 el peso de 100 semillas fue estadísticamente diferente entre densidades de siembra, donde D3 alcanzó 6.9 g respecto a D2 con 4.8 g. En E2 hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, donde el mayor peso de 100 semillas se tuvo en D1 y D2, con 6.6 y 6.5 g, respectivamente. En el E3 el mayor peso de 100 semillas (6.7 g) se tuvo con las D2 y D3, con un menor peso en D1. Ihsanullah *et al.* (2002) evaluaron en Pakistán el efecto del espacio entre surcos sobre caracteres de rendimiento en *Vigna radiata* L. a 320,000 plantas ha<sup>-1</sup>; los arreglos topológicos que probaron fueron las distancias: 20 × 15, 30 × 10 y 43 × 7 cm. Los resultados mostraron un peso de 100 semillas de 4.27, 3.66 y 3.25 g, para los arreglos 20 × 15, 30 × 10 y 43 × 7 cm, respectivamente. Khattak *et al.* (2019), en la variedad NIFA Mung-19 de *Vigna radiata*, sembrada a 320,000 plantas ha<sup>-1</sup>, reportaron un peso de 100 semillas de 4.6 a 5.7 g.

### Rendimiento de semilla por planta

En el ciclo E1, el rendimiento de semilla por planta fue estadísticamente diferente y superior con respecto a D2 y D3 (14.8 y 13.4 g de semilla); los rendimientos menores se tuvieron en D1 (7.3 g) y D4 (5.7 g). En E2 el RSP superó lo obtenido en E1 utilizando D1 (25.0 g de semilla por planta). En E3 el RSP fue superior en D1 (11.9 g) y el menor rendimiento se tuvo con D3 (7.9 g). El rendimiento de semilla por planta obtenido en las condiciones de Loma Bonita, Oaxaca, es muy adecuado si se considera que en otros estudios se reportaron valores de producción de semilla iguales o inferiores.

### Rendimiento de semilla por hectárea

En el ciclo E1 el rendimiento varió de 523.3 kg (D1) a 1910.3 kg de semilla ha<sup>-1</sup> cuando se usó D3. Para E2 el rendimiento de semilla fue de 1782.3 kg ha<sup>-1</sup> (D1) a 6542.8 kg ha<sup>-1</sup> (D4). En E3 el menor rendimiento de semilla se obtuvo con D1 (847.6 kg ha<sup>-1</sup>) y el máximo rendimiento

se alcanzó con D3 (2514.3 kg ha<sup>-1</sup>). Así, en E2 la mayoría de caracteres como NVP, NSV y RSP se favorecieron por el clima, principalmente por la precipitación (Figura 1), que promovió el aprovechamiento de los fertilizantes por las plantas y los nutrientes de la solución del suelo, cosechando más semilla ha<sup>-1</sup> a densidades altas (Cuadro 1). Infante *et al.* (2003) en cultivares de *Vigna radiata* L. en Venezuela reportaron rendimientos de semilla de 1041.5 a 1438.3 kg ha<sup>-1</sup>. Katthak *et al.* (2019) obtuvieron de 530 a 2076 kg de semilla ha<sup>-1</sup> en la variedad NFM-5-36-27, superando a la variedad Ramzan (testigo) que produjo de 316 a 1417 kg ha<sup>-1</sup>.

### Correlaciones fenotípicas

Se encontró una alta correlación (Cuadro 3) entre NVP y SPP (E1 r = 0.97\*\*, E2 r = 0.85\*\*, E3 r = 0.94\*\*), área foliar (AFP) con NHT (E1 r = 0.84\*\*, E2 r = 0.93, E3 r = 0.56\*\*), Longitud de vaina (LVA) se asoció con ancho de vaina (AVA) (E1 r = 0.75\*\*, E2 r = 0.39\*\*, E3 r = 0.38\*\*) y LVA con NSV (E1 r = 0.75\*\*, E2 r = 0.30\*\*, E3 r = 0.58\*\*). Rendimiento de semilla por planta con NVP (E1 r = 0.60\*\*, E2 r = 0.80\*\*, E3 r = 0.81\*\*) y con número de semillas por vaina (E1 r = 0.60\*\*, E2 r = 0.84\*\*, E3 r = 0.60\*\*). Otras asociaciones fueron NSV con SPP. Lo anterior indica que en frijol mungo un mayor número de hojas trifoliadas aumenta el área foliar por planta. Si se cuenta con vainas largas éstas tienden a ser más anchas. A mayor número de vainas por planta habrá más producción de semilla por planta. Canci y Toker (2014) reportaron correlaciones positivas entre LVA y AVA (r = 0.91\*\*), LVA y NSV (r = 0.72\*\*). La información mostrada sugiere que en *Vigna radiata* L. los caracteres APL, LVA, AVA, NSV, SPP, DTA y RSP deben considerarse al seleccionar plantas en algún programa de mejora genética del cultivo.

### CONCLUSIONES

Los componentes de crecimiento y rendimiento variaron entre años, sin embargo, *Vigna radiata* se adapta a las condiciones del trópico húmedo de México. Los principales componentes de crecimiento y de rendimiento disminuyeron al incrementarse la densidad de plantas ha<sup>-1</sup>.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abid V., J. S. Bindhu, P. Prameela and C. G. Thomas (2018) Performance of green gram, *Vigna radiata* (L.) Wilczek cultivars under different tillage methods. *Journal of Crop Weed* 14:178-184.
- Amanullah A., A. Sattar, M. Ahmed, J. M. Iqbal, R. Z. Ali, J. M. Hassan, N. N. Samad, S. Ahmed and N. Sadiq (2018) Production efficiency of mung bean (*Vigna radiata* L.) through seed inoculation and NP application in Balochistan. *Pure and Applied Biology* 7:700-705, <https://doi.org/10.19045/bspad.2018.70087>
- Apáez B. P., J. A. S. Escalante E., E. Sosa M., M. Apáez B., M. T. Rodríguez G. y Y. A. Raya M. (2016) Producción y calidad nutricional de vaina de frijol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, en función de

**Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas para variables de rendimiento en frijol mungo (*Vigna radiata* L.).**

Var	Ciclo	AFP	NHT	DTA	NVP	NSV	SPP	LVA	AVA	PCS	RSP
ALP	E1	0.56**	0.45**	0.65**	0.39**	0.41**	0.43**	0.50**	0.39**	0.09ns	0.45**
	E2	0.30**	0.35**	0.41**	0.53**	0.36**	0.44**	0.40**	0.30**	0.35**	0.52**
	E3	0.36**	0.33**	0.46**	0.33**	0.30*	0.33**	0.30**	0.30**	0.23*	0.35**
AFP	E1		0.84**	0.64**	0.36**	0.49**	0.43**	0.54**	0.41**	0.11ns	0.55**
	E2		0.93**	0.68**	0.70**	0.60**	0.67**	0.30**	0.33**	0.48**	0.68**
	E3		0.56**	0.63**	0.35**	0.29*	0.32**	0.22**	0.21**	0.15ns	0.30**
NHT	E1			0.50**	0.39**	0.28*	0.39**	0.31**	0.30**	-0.06ns	0.35**
	E2			0.71**	0.75**	0.68**	0.75**	0.28**	0.38**	0.57**	0.72**
	E3			0.43**	0.80**	0.23*	0.26**	0.21*	0.20ns	-0.08ns	0.30**
DTA	E1				0.39**	0.57**	0.48**	0.57**	0.49**	0.10ns	0.49**
	E2				0.78**	0.68**	0.76**	0.10ns	0.42**	0.57**	0.73**
	E3				0.29*	0.33**	0.35**	0.04ns	0.36**	0.18ns	0.34**
NVP	E1					0.47**	0.97**	0.52**	0.59**	-0.21ns	0.60**
	E2					0.71**	0.85**	0.39**	0.50**	0.72**	0.80**
	E3					0.35**	0.94**	0.26*	0.44**	0.15ns	0.81**
NSV	E1						0.65**	0.75**	0.56**	0.06ns	0.60**
	E2						0.97**	0.30**	0.38**	0.68**	0.84**
	E3						0.64**	0.58**	0.23*	0.08ns	0.56**
SPP	E1							0.62**	0.62**	-0.15ns	0.70**
	E2							0.35**	0.44**	0.75**	0.89**
	E3							0.33**	0.39**	0.04ns	0.85**
LVA	E1								0.75**	0.12ns	0.65**
	E2								0.39**	0.49**	0.20ns
	E3								0.38**	0.11ns	0.38**
AVA	E1									-0.05ns	0.42**
	E2									0.52**	0.45**
	E3									0.32**	0.20*
PCS	E1										0.17ns
	E2										0.67**
	E3										0.18ns

Var: variable, ALP: altura de planta, AFP: área foliar por planta, NHT: número de hojas trifoliadas por planta, DTA: diámetro de tallo, NVP: número de vainas por planta, NSV: número de semillas por vaina, SPP: semillas por planta, LVA: longitud de vaina, AVA: ancho de vaina, PCS: peso de 100 semillas, RSP: rendimiento de semilla por planta (g). \*, \*\*: significancia estadística al 5 y 1 % de probabilidad, ns: no significativo.



- arreglo topológico y tipo de fertilización. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Uncuyo* 48:31-42.
- Aslam M., N. Hussain, M. Zubair, S. B. Hussain and M. S. Baloch (2010) Integration of organic and inorganic sources of phosphorus for increased productivity of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Research* 47:111-114.
- Ávila C. J. M. (2013) Soyita (*Vigna radiata* L.) alternativa para producción de forraje en Tamaulipas. Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP. Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. 2 p.
- Birhanu A., T. Tadesse and D. Tadesse (2018) Effect of inter- and intra-row spacing on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) under rain-fed condition at Metema District, northwestern Ethiopia. *Agriculture & Food Security* 7:84, <http://doi.org/10.1186/s40066-018-0234-9>
- Biswas D. K., M. M. Haque, A. Harnid, J. U. Ahmed and M. A. Rahman (2002) Influence of plant population density on growth and yield of two blackgram varieties. *Journal of Agronomy* 1:83-85, <http://doi.org/10.3923/ja.2002.83.85>
- Canci H. and C. Toker (2014) Yield components in mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. *Turkish Journal of Field Crops*. 19:258-261, <https://doi.org/10.17557/tjfc.79162>
- Dakhal Y., R. S. Meena, S. K. Verma and A. Singh (2015) Growth, yield and nutrient content of mungbean (*Vigna radiata* L.) in response to INM in eastern Uttar Pradesh, India. *Bangladesh Journal of Botany* 44:479-482, <https://doi.org/10.3329/bjb.v44i3.38559>
- 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* 2:162-165.
- Hamim H. and A. Choudhary (2019) Influence of varying potassium levels on yield, water productivity, profitability and resource-use efficiency in Kharif mungbean (*Vigna radiata*) under semi-arid conditions of Afghanistan. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 89:551-555, <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i3.87604>
- Ihsanullah, F. H. Taj, H. Akbar, A. Basir and N. Ulla (2002) Effect of row spacing on agronomic traits and yield of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Asian Journal of Plant Sciences* 4:328-329, <https://doi.org/10.3923/ajps.2002.328.329>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2005) Loma Bonita Esado de Oaxaca. Cuaderno estadístico Municipal. Edición 2005. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825936150> (Agosto 2024)
- Infante N., P. Madriz y T. González (2003) Fases de desarrollo y componentes del rendimiento de tres cultivares de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) en Maracay, estado de Aragua, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 20:417-429.
- Jahan M. S. and A. Hamid (2004) Effect of population density and planting configuration on dry matter allocation and yield in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7:1493-1498, <https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1493.1498>
- Katthak G. S. S., I. Saeed and I. Muhammad (2019) New high yielding and disease resistant mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] variety "NIFA Mung-19". *Pure and Applied Biology* 8:1444-1455, <https://doi.org/10.19045/bspab.2019.80084>
- Kumar P., M. Pal, R. Joshi and R. K. Sairam (2013) Yield, growth and physiological responses of mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes to waterlogging at vegetative stage. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 19:209-220, <https://doi.org/10.1007/s12298-012-0153-3>
- Kumar R., G. S. Tomar, N. Kumawat and S. P. Singh (2018) Effect of varieties, plant density and molybdenum on yield and economics of blackgram under rainfed condition of Chhattisgarh. *International Journal of Chemical Studies* 6:1867-1870.
- Laekemariam F. and W. Worku (2013) Growth, light interception, radiation use efficiency and productivity of mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek (Fabaceae) cultivars as influenced by sowing date. *Ethiopian Journal of Biological Sciences* 12:117-133.
- Lee Y. S., J. Y. Lee, D. K. Kim, C. Y. Yoon, G. C. Bak, I. J. Park, ... and K. S. Min (2004) A new high-yielding mungbean cultivar "Samsang" with lobed leaflet. *Korean Journal of Breeding* 36:183-184.
- Mariyammal I., M. Pandiyan, C. Vanniarajan, J. S. Kennedy and N. Senthil (2019) Genetic variability in segregating generations of greengram (*Vigna radiata* L. Wilczek) for quantitative traits. *Electronic Journal of Plant Breeding* 10:293-296, <https://doi.org/10.5958/0975-928X.2019.00036.X>
- Mathivathana M. K., S. M. Samyuktha, R. D. Priya, I. Mariyammal, P. Bharathi, N. Jagadeeshselvam, ... and N. Senthil (2018) Association and path analysis of yield and yield components in the RIL population of *Vigna radiata* × *Vigna umbellata*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7:1231-1235, <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.137>
- Mondal M. M. A., A. B. Puteh, M. A. Malek, M. R. Ismail, M. Y. Rafii and M. A. Latif (2012) Seed yield of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) in relation to growth and developmental aspects. *Scientific World Journal* 2012:425168, <https://doi.org/10.1100/2012/425168>
- Mondal M. M. A., M. A. Malek, A. B. Puteh and M. R. Ismail (2013) Foliar application of chitosan on growth yield attributes on mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Bangladesh Journal of Botany* 42:179-183, <https://doi.org/10.3329/bjb.v42i1.15910>
- Musa, U. Tanko and U. T. Hassan (2016) Leaf area determination for maize (*Zea mays* L.), okra (*Abelmoschus esculentus* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) crops using linear measurements. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare* 6:103-111.
- Pekşen E., C. Toker, F. O. Ceylan, T. Aziz and M. Farooq (2015) Determination of promising high yielded mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) genotypes Middle Black Sea region of Turkey. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences* 30:169-175, <https://doi.org/10.7161/anajas.2015.30.2.169-175>
- Sarwar M. A., S. R. Malik, W. Ahmad, M. S. Mahmood, M. Jawad, M. Asadullah, ... and M. Imran (2019) Production efficiency of promising mungbean genotypes affected by different sowing dates under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research* 32:52-58, <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2019/32.1.52.58>
- Sathyamoorthi K. S., M. M. Amanullab, K. Vaiyapuri and E. Somasundaram (2007) Influence of increased plant density and fertilizer application on the nutrient uptake and yield of greengram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 3:886-895.
- Singh G., H. S. Sekhon, G. Singh, J. S. Brar, T. S. Bains and S. Shanmugasundaram (2011) Effect of plant density on the growth and yield of mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes under different environments in India and Taiwan. *International Journal Agricultural Research* 6:573-583, <https://doi.org/10.3923/ijar.2011.573.583>
- Soehendi R., S. Champrame, T. Toojinda, S. Ngampongsoi and P. Srinives (2014) Genetics, agronomic, and molecular study of leaflet mutants in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Journal of Crop Science and Biotechnology* 10:193-200.
- Tabasum A., M. Saleem and I. Aziz (2010) Genetic variability, trait association and path analysis of yield and yield components in mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Pakistan Journal of Botany* 42:3915.
- Thalooth A. T., M. M. Tawfik and H. M. Mohamed (2006) A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. *World Journal of Agricultural Sciences* 2:37-46.
- Win K. S., S. Win, T. M. Htun, N. Kyw. K. Win, M. N. Nwe, ... and M. M. Aung (2019) Assessment of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) germplasm for resistance to lodging in different growing seasons. *Myanmar Agricultural Research Journal* 5:30-35

