

Fertilización potásica en líneas mejoradas y material criollo de chile soledad (*Capsicum annuum* L.)

Potassium fertilization in the improved lines and landrace material of chile soledad (*Capsicum annuum* L.)

Ana Rosa Ramírez-Seañez^{1*} ,
José Mauricio Alfonso-García² ,
Hipólito Hernández-Hernández¹ ,
Rogelio Enrique Palacios-Torres¹ ,
Moisés Ramírez-Meraz³ ,
Victoria Jared Borroel-García⁴ 

¹Instituto de Agroingeniería. Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, CP. 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

²Maestría en Producción y Procesamiento Agrícola, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan, Av. Ferrocarril s/n, Ciudad Universitaria, CP. 68400. Loma Bonita, Oaxaca, México.

³Campo Experimental Las Huastecas-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Tampico-Mante km 55. CP. 89610. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México.

⁴Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Carretera El Vergel-La Torreña km 0-820, El Vergel. CP. 35120. Gómez Palacio, Durango, México.

*Autor de correspondencia:
aramirez@unpa.edu.mx/
ana_ramirez04@hotmail.com

Artículo científico

Recibido: 30 de agosto 2023

Aceptado: 23 de noviembre 2023

Como citar: Ramírez-Seañez AR, Alfonso-García JM, Hernández-Hernández H, Palacios-Torres RE, Ramírez-Meraz M, Borroel-García VJ (2023) Fertilización potásica en líneas mejoradas y material criollo de chile soledad (*Capsicum annuum* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. III: e3884. DOI: 10.19136/era.a10nIII.3884

RESUMEN. El potasio es uno de los macronutrientes más importantes, ya que incide de forma directa en funciones fisiológicas esenciales de los cultivos, la aplicación inadecuada de este elemento y el uso de semilla criolla repercuten en la calidad y rendimiento de los cultivos. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos dosis de fertilización potásica: Fertilización uno: 440 kg ha⁻¹ y Fertilización dos: 340 kg ha⁻¹ en la morfología, calidad de fruto y rendimiento de dos líneas mejoradas y un material criollo de chile soledad o serrano delgado bajo condiciones de temporal. Se establecieron seis tratamientos T1: 440-material criollo, T2: 340-material criollo, T3: 440-P15, T4: 340-P15, T5: 440-P13 y T6: 340-P13. El diseño experimental fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La línea mejorada P15 con la fertilización 340 kg ha⁻¹ K, obtuvo los mejores resultados de rendimiento por planta y total con 489.43 g por planta y 14.77 t ha⁻¹, respectivamente, además de altura de planta de 77.73 cm, diámetro de tallo de 14.78 mm, ancho de copa de 64.43 cm, excepto en el número de ramificaciones. Para la calidad de fruto en la clasificación frutos de tamaño grande, las plantas con el tratamiento 3 (440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15), tuvieron los mejores resultados de peso, longitud y diámetro de fruto con 8.60 g, 9.83 cm y 13.06 mm, respectivamente. La línea mejorada P15 en combinación con la fertilización de 340 kg ha⁻¹ K mostraron efectos significativos en la morfología y rendimiento de este cultivo.

Palabras clave: Calidad de fruto, dosis, morfología, rendimiento, temporal.

ABSTRACT. Potassium is considered one of the most important macronutrients since it directly affects the essential physiological functions of crops. The inadequate application of this element and the use of native seeds usually have an impact on the quality and yields of various crops. The objective of this research was to evaluate the effect of two doses of potassium fertilization: Fertilization one: 440 kg ha⁻¹ and Fertilization two: 340 kg ha⁻¹ on the morphology, fruit quality and yield of two improved lines and landrace material from pepper Soledad o Serrano Delgado under storm conditions. Six treatments were established T1: 440- material criollo, T2: 340- material criollo, T3: 440-P15, T4: 340-P15, T5: 440-P13 and T6: 340-P13. The experimental design was completely randomized blocks, with four repetitions. The improved line P15 with fertilization two, obtained the best results in yield per plant and total with 489.43 g per plant and 14.77 t ha⁻¹, respectively, in addition, in morphology: plant height 77.73 cm, stem diameter 14.78 mm, crown width 64.43 cm, except in the number of branches. For fruit quality in the classification of large fruits, the plants with treatment 3 (440 kg ha⁻¹ K and improved line P15) obtained the best results in fruit weight, length and diameter with 8.60 g, 9.83 cm and 13.06 mm respectively. The improved line P15 in combination with the fertilization of 340 kg ha⁻¹ K showed significant effects on the morphology and yield of this crop.

Key words: Fruit quality, dose, morphology, yield, temporary.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile verde (*Capsicum annuum* L.) tiene una importante participación en el sector agroalimentario. A nivel mundial la superficie sembrada es de 2 055 311 de hectáreas, y genera una producción de casi 37 mil toneladas (FAO 2021). China es el principal país productor de este cultivo con 16.75 millones de toneladas. Por su parte México ocupa el cuarto lugar con una producción de 2 584 143 t en una superficie de 147 808 ha (FAO 2021). Respecto al chile soledad o chile serrano delgado, esta es una variedad de información escasa sobre parámetros morfológicos, de producción y calidad de fruto en condiciones de temporal. Esta hortaliza se produce principalmente en los estados de Oaxaca y Veracruz con una superficie sembrada de 358 y 1 382 ha, respectivamente, con rendimiento promedio entre ambos estados de 8.8 t ha⁻¹ (SIAP 2022). En los últimos años, su producción se ha extendido hacia otras regiones, debido al alto valor comercial de este fruto.

México cuenta con una gran diversidad genética en muchas de sus especies hortícolas, sin embargo, la semilla es considerada un insumo sumamente costoso, por lo que la mayoría de los productores carecen de variedades comerciales y su producción depende totalmente de la semilla criolla (González-Pérez et al. 2021), tal como sucede en el cultivo de chile soledad o serrano delgado, además de los bajos rendimientos que se obtienen (INIFAP 2017). De acuerdo con Villa-Castorena et al. (2005) la fertilización química en la producción de diversos cultivos, se realiza con el objetivo, de complementar adecuadamente la nutrición, la cual a su vez se verá reflejada en la producción y calidad de frutos. Sin embargo, la demanda nutricional es uno de los componentes más importantes, que permite precisar la dosis de fertilización a aplicar en el cultivo. Por otra parte, la falta de precisión en la dosis de fertilización a aplicar puede causar un déficit o un exceso, lo que conlleva a un impacto negativo sobre el medio ambiente cuando es en exceso, mientras que, si es un déficit no le permite al cultivo aprovechar su capacidad productiva (Nieves-González et al. 2015). Uno de los macronutrientes más importantes es el pota-

sio, ya que es considerado como un catión primordial puesto que influye en los procesos fisiológicos y metabólicos como: la fotosíntesis, turgencia celular, la homeostasis del pH citoplasmático, actividad estomática y enzimática, además de la traslocación de asimilados y potencial osmótico (Oosterhuis et al. 2014, Mohd Zain e Ismail et al. 2016, Srivastava et al. 2020). Asu vez, si la aplicación se realiza durante la etapa de fructificación este elemento está relacionado con la calidad y el rendimiento de diversos cultivos (Toñanez-Pavón et al. 2021).

En México el mejoramiento genético del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) ha dado origen a nuevas variedades, las cuales suelen ser, más productivas, uniformes, más resistentes a plagas y enfermedades, lo que conlleva a obtener una mejor calidad del fruto (Laborde-Casino y Pozo-Campodónico 1984). Aunado a lo anterior, se han reportado investigaciones donde se han utilizado los métodos de selección individual, masal, masal-estratificada y pedigrí para el desarrollo de diversos materiales como: chile serrano, jalapeño, habanero, ancho, puya, guajillo, de árbol, entre otros (Laborde-Casino y Pozo-Campodónico 1984, Bosland 1996, Aguilar-Rincón et al. 2010, Ramírez-Godina et al. 2015). En lo que concierne al cultivo de chile soledad o serrano delgado, el Programa de Mejoramiento Genético del Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNE), Campo Experimental Las Huastecas del INIFAP, registró ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) la variedad de polinización libre de chile soledad CHISER-522 (P15), la cual presenta plantas vigorosas, con altura de planta entre 90 y 130 cm, de ciclo intermedio (80 días a floración y 110 días a inicio de cosecha). Además, de presentar tolerancia a mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*) y a cenicilla (*Oidiopsis taurica*) con un rendimiento promedio de 20.5 t ha⁻¹ bajo condiciones de fertirrigación (Ramírez-Meraz et al. 2019). Asimismo, (Ramírez-Meraz 2022) indica que, la variedad P13 es una línea avanzada de chile soledad o serrano delgado desarrollada por el Programa de Mejoramiento Genético de chile del INIFAP a partir de la Colecta BGH-513 realizada en el sur

de Tamaulipas. Es un genotipo de polinización libre cuyas plantas presentan un follaje frondoso abundante, y pueden alcanzar una altura de 86 a 140 cm, de ciclo intermedio (75 a 82 días a floración y 115 días a inicio de cosecha); sus frutos pesan de 3.7 a 5.0 g, con longitud de 6.7 a 8.5 cm y diámetro de fruto de 1.2 cm; el color de fruto es verde esmeralda claro, y el rendimiento a campo abierto con riego es de 15.5 a 20 t ha⁻¹. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la aplicación de dos dosis de fertilización potásica granular (440 y 340 kg ha⁻¹ de K) en las líneas mejoradas P13 y P15, además, del uso de material criollo de chile soledad o serrano delgado (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El experimento se estableció en los meses de julio 2018 a enero de 2019 en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita, Oaxaca; que se encuentra ubicada en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México (18° 05' 56.5" LN, 95° 53' 48.0" LO y 38 msnm). El clima es del tipo Am, que corresponde a un clima cálido húmedo, con la concentración máxima de lluvias en verano, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificado por García-Miranda (2004). La temperatura promedio es de 25 °C, y la precipitación promedio de 1 902 mm (SMN 2019). Se realizó previamente un análisis del suelo del sitio experimental a profundidad de 0-30 cm. El suelo es de textura franco, su pH es de 4.46 (ácido), densidad aparente de 1.32 g cm⁻³, capacidad de campo de 16.2%, punto de marchitez permanente de 9.64% y materia orgánica de 2.86% (Tabla 1). El contenido de N-NO₃ es de 19.2 mg kg⁻¹ considerándose una concentración media, para el P el resultado fue de 58.3 mg kg⁻¹ valor considerado alto, con contenido de K (28.9 mg kg⁻¹), Ca (207 mg kg⁻¹) y Mg (119 mg kg⁻¹), que se consideran deficientes en el suelo.

Material vegetal y fertilizantes

Se utilizaron semillas de dos líneas mejoradas de chile soledad P15 y P13 donadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Las Huastecas. Además, del material criollo proveniente de la localidad San Benito El Encinal, comunidad del municipio de Loma Bonita, Oaxaca, obtenida por selección de plantas con frutos uniformes por los productores de la región.

Con los resultados del análisis de suelo se efectuó un ajuste de nutrientes en la fertilización del experimento, basándose en la fertilización recomendada para la producción de chile serrano por el Centro de Investigación Regional del Noreste (CIRNE), Campo Experimental Las Huastecas (2010), que recomienda: 254 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 102 kg ha⁻¹ de fósforo y 294 kg ha⁻¹ de potasio. De esta manera se propusieron dos dosis de fertilización potásica para la producción chile soledad en líneas mejoradas y material criollo (Tabla 2). La recomendación del CIRNE, para las dosis de 440 y 340 kg ha⁻¹ de K se incrementó un 49.65 y 15.65% de K respectivamente, además, de añadirles los macroelementos calcio y magnesio en la etapa de fructificación.

Diseño experimental

El experimento se estableció en bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los seis tratamientos fueron: T1: 440 kg ha⁻¹ K y material criollo, T2: 340 kg ha⁻¹ K y material criollo, T3: 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T4: 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T5: 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13 y T6: 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13.

Unidad experimental

La parcela experimental constó de 24 camas, con las siguientes dimensiones: longitud de 6 m, ancho de 0.80 m por 0.30 m de alto y distancia entre camas de 1.2 m. La siembra se realizó a doble hilera con distancia entre plantas de 0.30 m, teniendo un total de 40 plantas por cama, para una densidad poblacional de 27 777 plantas ha⁻¹.

Tabla 1. Análisis químico y contenido nutrimental del suelo del sitio experimental a una profundidad de 0-30 cm.

P-Bray	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Al	S	N-NO ₃
mg kg ⁻¹												
62.0	28.9	207	119	27.5	122	0.66	8.60	0.54	0.32	142	1.51	36.1

Tabla 2. Dosis de fertilización utilizadas para la producción de líneas mejoradas y material criollo de chile soledad (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de temporal.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Fertilización 1 (kg ha ⁻¹)					
Aplicación 1 (trasplante)	100	60	140		
Aplicación 2 (30 ddt)	100	00	180		
Aplicación 3 (80 ddt)	60	00	120	40	30
Fertilización 2 (kg ha ⁻¹)					
Aplicación 1 (trasplante)	100	60	120		
Aplicación 2 (30 ddt)	100	00	140		
Aplicación 3 (80 ddt)	60	00	80	40	30

Establecimiento del experimento

La siembra se realizó el 18 de julio de 2018 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales fueron previamente desinfectadas con cloro al 5% durante 24 h, se usó como sustrato turba peat-moss (Kekkilä®). Se realizaron dos riegos diarios durante el día, a partir de la cuarta semana después de la siembra se aplicaron riegos con solución nutritiva Steiner (1961) a concentración del 25% hasta realizar el trasplante, el cual se realizó a los 45 días después de la emergencia, previamente el cepellón de las plántulas fue sumergido en una solución de Captan® (1.5 g L⁻¹) y Confidor® (Imidacloprid a 1 mL L⁻¹) usándose como medida preventiva para evitar la presencia de enfermedades fungosas e insectos; posteriormente, se colocó la plántula a doble hilera sobre la cama. La primera aplicación de fertilizante de acuerdo con el tratamiento se realizó en la siembra, luego a los 30 ddt (días después del trasplante) la segunda aplicación y en la etapa de fructificación se realizó la tercera aplicación (Tabla 2). Durante todo el ciclo del cultivo se realizó un adecuado aporcamiento de las plantas para evitar daños en el sistema radicular. Se realizaron aplicaciones foliares en diferentes etapas fenológicas del cultivo, aplicándose NUTRIPRO®-Forte a razón de 4 mL L⁻¹, y NUTRIPRO® Xtra-Alga a razón de 4 mL L⁻¹, además de la aplicación de micro Boro a razón de 3 mL L⁻¹ para el amarre de fruto.

Para el control del ácaro blanco (*Polyphago-*

tarsonemus latus), se aplicó Abamectina 1.8% CE a razón de 0.5 mL L⁻¹, mientras que la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), fue controlada con jabón Axió® 3 g L⁻¹ y aplicaciones del insecticida Imidacloprid 350 SC a razón de 1 mL L⁻¹. La presencia de minador de la hoja (*Lyriomyza trifolii*) se combatió con Abamectina 1.8% CE a razón de 0.5 mL L⁻¹, mientras que, para control del gusano del cuerno (*Manduca sexta*) se utilizó Cipermetrina 200 CE a razón de 1.5 mL L⁻¹.

Las enfermedades causadas por hongos que se presentaron fueron *Phytophthora* spp. y *Pythium* spp., para su control se hicieron aplicaciones de Ridomil Gold® 480 SL 1 mL L⁻¹ con una mochila aspersora para su correcta aplicación.

Medición de las variables de estudio

Para la evaluación morfológica del cultivo, se realizaron tres muestreos: a los 72, 84 y 105 ddt. La altura de planta y ancho de copa, se midieron con un flexómetro, para el diámetro de tallo se utilizó un vernier digital, además, se contó el número de ramificaciones manualmente. Para las variables de calidad de fruto, se realizó un total de cinco cosechas: la primera a los 60 ddt, las cosechas posteriores se realizaron a intervalos de 18 días consecutivamente. En cada cosecha los frutos fueron clasificados en grandes, medianos y chicos de acuerdo con la Norma Mexicana de productos alimenticios no industrializados para consumo humano-chile fresco (*Cap-*

sicum spp.) NMX-FF-025-SCFI-2014 (SE 2014). Se seleccionaron 10 frutos por cada grupo y tratamiento, evaluándose, longitud de fruto (cm) con una cinta métrica, para el diámetro de fruto (mm) y grosor de pericarpio (mm) se utilizó un vernier digital, el número de lóculos por fruto se contabilizó manualmente. Para las variables peso de fruto (g), rendimiento por planta (g) y rendimiento total ($t\ ha^{-1}$) se pesaron todos los frutos cosechados por tratamiento, una báscula electrónica de precisión de 3 kg Rhino® modelo BAPRE-3. Para obtener el rendimiento total se pesó el total de frutos cosechados por tratamiento en una superficie de $920\ m^2$, posteriormente se extrapoló a una superficie de $10\ 000\ m^2$ para obtener el rendimiento total en $t\ ha^{-1}$.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y prueba de medias LSD Fisher, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, utilizando el software para análisis estadístico InfoStat versión 2018 (Di-Rienzo et al. 2018).

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza (Tabla 3), se determinó que las plantas que presentaron la mayor altura fue con el tratamiento 4 ($340\ kg\ ha^{-1}\ K$ y línea mejorada P15) con $77.73\ cm$ a los 105 ddt, con diferencias estadísticas significativas entre tratamientos desde los 84 hasta los 105 ddt ($p \leq 0.05$). Contrariamente las plantas que obtuvieron el resultado más bajo para esta variable a los 105 ddt fue con el tratamiento 5 ($440\ kg\ ha^{-1}$ y línea mejorada P13) con $58.66\ cm$, sin embargo, no presentó diferencias significativas con los tratamientos 6 y 1 ($440\ kg\ ha^{-1}$ y línea mejorada P13 y material criollo), que tuvieron una altura de 59.33 y $59.15\ cm$, respectivamente.

Respecto al diámetro de tallo en los muestreos realizados a los 72 y 84 ddt los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos T2 y T4 ($340\ kg\ ha^{-1}\ K$ con material criollo y línea mejorada P15, respectivamente), estos tratamientos no presentaron diferencias significativas; pero, para el

tercer muestreo a los 105 ddt el mayor diámetro de tallo se obtuvo en el tratamiento 4 ($340\ kg\ ha^{-1}\ K$ y línea mejorada P15) con $14.78\ mm$ siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos ($p \leq 0.05$). Por el contrario, las plantas con menor diámetro de tallo al final del experimento, se tuvo con el tratamiento 5 ($440\ kg\ ha^{-1}\ K$ y línea mejorada P13) con solo $11.33\ cm$.

Para la variable ancho de copa se puede observar que los mejores resultados se obtuvieron en las plantas con dosis baja de potasio en los tratamientos T2 y T4 ($340\ kg\ ha^{-1}\ K$ material criollo y línea mejorada P15) estos tratamientos no presentaron diferencia significativa durante la investigación, obteniendo un ancho de copa total a los 105 ddt de 63.33 y $64.43\ cm$, respectivamente ($p \leq 0.05$). Pero con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, se observa que las plantas con los tratamientos 5 y 1 ($440\ kg\ ha^{-1}\ K$ línea mejorada P13 y material criollo) no tuvieron influencia en esta variable, obteniendo los valores más bajos con 54.80 y $53.01\ cm$, respectivamente a los 105 ddt. Para el número de ramificaciones, las plantas con el tratamiento 1 ($440\ kg\ ha^{-1}\ K$ y material criollo) en el primer muestreo fue superior estadísticamente al resto de los tratamientos con 6.20 ramificaciones. No obstante, este tratamiento, para el segundo y tercer muestro no presentó diferencias significativas con respecto al tratamiento 1 y 3 ($340\ kg\ ha^{-1}\ K$ material criollo y línea mejorada P15), el mayor número de ramificaciones durante la investigación se obtuvo en plantas con estos tratamientos con 6.63 y 6.23 , respectivamente, sin embargo, sí presentaron diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos, el valor más bajo para esta variable se obtuvo en las plantas con el tratamiento 5 ($440\ kg\ ha^{-1}\ K$ y línea mejorada P13) con solo 4.90 ramificaciones ($p \leq 0.05$).

La clasificación del tamaño de fruto: grandes, medianos y chicos de acuerdo con la Norma NMX-FF-025-SCFI-2014, se muestra en la Tabla 4. Para la variable peso de fruto las plantas con el tratamiento 4 ($440\ kg\ ha^{-1}\ K$ y línea mejorada P15) presentaron los mejores resultados en los tres tamaños: grandes, medianos y chicos con 8.60 , 5.60 y $4.10\ g$, respectivamente. Pero este tratamiento no presentó diferen-

Tabla 3. Efecto de las dosis de fertilización potásica en líneas mejoradas y material criollo de chile soledad o serrano delgado (*Cap-sicum annuum* L.) bajo condiciones de temporal en las variables morfológicas.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Ancho de copa (cm)	Número de ramificaciones
Primer muestreo (72 ddt)				
T1 = 440-material criollo	44.98 c	8.26 bc	46.15 bc	6.20 a
T2 = 340-material criollo	53.13 a	10.18 a	56.73 a	5.78 ab
T3 = 440-P15	49.43 b	8.82 b	49.35 b	5.58 ab
T4 = 340-P15	55.35 a	10.10 a	55.60 a	5.63 ab
T5 = 440-P13	41.38 d	7.83 c	44.70 c	4.30 c
T6 = 340-P13	45.38 c	8.30 bc	46.55 bc	4.60 bc
Valor p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0125
Segundo muestreo (84 ddt)				
T1 = 440-material criollo	51.68 cd	9.26 c	54.58 bc	6.55 a
T2 = 340-material criollo	58.15 b	11.48 a	62.80 a	5.80 ab
T3 = 440-P15	57.93 b	10.11 b	58.85 ab	6.23 a
T4 = 340-P15	62.93 a	12.10 a	62.25 a	5.70 ab
T5 = 440-P13	49.18 d	8.95 c	52.53 c	4.65 b
T6 = 340-P13	52.88 c	10.16 b	54.18 bc	5.03 b
Valor p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0131
Tercer muestreo (105 ddt)				
T1 = 440-material criollo	59.15 c	11.41 c	54.80 c	6.63 a
T2 = 340-material criollo	67.70 b	13.09 b	63.33 a	5.83 b
T3 = 440-P15	69.80 b	12.14 c	59.46 b	6.23 a
T4 = 340-P15	77.73 a	14.78 a	64.43 a	5.75 b
T5 = 440-P13	58.66 c	11.33 c	53.01 c	4.90 b
T6 = 340-P13	59.33 c	11.60 c	56.03 b	5.03 b
Valor p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0369

T1 = 440 kg ha⁻¹ K y material criollo, T2 = 340 kg ha⁻¹ K y material criollo, T3 = 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T4 = 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T5 = 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13 y T6 = 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13. Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Fisher LSD p ≤ 0.05).

cias significativas con el tratamiento 6 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13) en los frutos de tamaños medianos y chicos obteniendo 5.10 y 4.00 g, respectivamente, con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Los frutos de mayor longitud, clasificados como grandes no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 3 (440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) y 2 (340 kg ha⁻¹ K y material criollo) obteniendo como resultado 9.83 y 9.74 cm, respectivamente. No obstante, con todos los demás tratamientos si mostró diferencias altamente significativas (p ≤ 0.05). Para los frutos clasificados como medianos los que mejores resultados obtuvieron para esta variable, fueron los frutos con los tratamientos 1 y 3 (440 kg ha⁻¹ K material criollo y línea mejorada P15) con 7.71 y 7.57 cm, respectivamente. En cuanto a los frutos clasificados como chicos el tratamiento 1 (440 kg ha⁻¹ K y material criollo) fue el que obtuvo una mayor longitud de fruto con 6.83 cm, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos (p ≤ 0.05).

Para la variable diámetro de fruto clasificados como grandes, el mejor resultado se obtuvo en frutos con el tratamiento 3 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) con 13.06 mm, caso contrario, el menor diámetro, se obtuvo con el tratamiento 1 (440 kg ha⁻¹ K y material criollo) con 9.58 mm. Para frutos clasificados en tamaños medianos y chicos, el fruto con mayor diámetro para ambas clasificaciones, se obtuvo con el tratamiento 6 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13) con 11.62 y 11.33 mm, respectivamente, siendo estadísticamente mayor que el resto de los tratamientos.

Para el grosor de pericarpio, indican que en la clasificación de tamaño grandes los frutos que obtuvieron los mejores resultados fueron los tratados con el tratamiento 2 (340 kg ha⁻¹ K y material criollo) con valores de 2.31 mm (p ≤ 0.0252), el cual presentó diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Mientras que para la clasificación de frutos medianos no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Para la determinación de frutos clasificados como chicos, los frutos que ob-

Tabla 4. Efecto de la fertilización potásica en líneas mejoradas y material criollo sobre las variables de frutos de chile soledad o serrano delgado (*Capiscum annum L.*) bajo condiciones de temporal.

Tratamientos	Peso de fruto (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)	Grosor de pericarpio (mm)	Número de lóculos
			Tamaño grande		
T1 = 440-material criollo	5.25 cd	9.46 ab	9.58 c	1.87 b	3.00 a
T2 = 340-material criollo	6.23 b	9.74 a	11.54 b	2.31 a	2.70 abc
T3 = 440-P15	8.60 a	9.83 a	13.06 a	1.96 b	2.60 bc
T4 = 340-P15	6.35 b	9.08 b	11.74 b	1.99 b	2.80 ab
T5 = 440-P13	4.67 d	7.99 c	10.18 c	1.90 b	2.40 c
T6 = 340-P13	5.50 c	8.41 c	10.41 c	2.02 b	2.70 abc
Valor p	0.0001	0.0001	0.0001	0.0252	0.0878
			Tamaño mediano		
T1 = 440-material criollo	4.30 b	7.71 a	9.77 c	2.10 a	2.90 a
T2 = 340-material criollo	4.08 b	7.34 ab	11.01 ab	2.17 a	2.30 b
T3 = 440-P15	5.60 a	7.57 a	11.09 ab	1.93 a	2.80 a
T4 = 340-P15	4.40 b	7.26 ab	10.37 bc	2.04 a	2.60 ab
T5 = 440-P13	3.98 b	6.86 b	10.08 c	1.96 a	2.50 ab
T6 = 340-P13	5.10 a	7.00 b	11.62 a	2.00 a	2.50 ab
Valor p	0.0001	0.0118	0.0006	0.7116	0.1183
			Tamaño chico		
T1 = 440-material criollo	3.63 ab	6.83 a	9.45 c	2.17 a	2.60 ab
T2 = 340-material criollo	3.10 c	6.53 ab	10.62 ab	1.77 b	2.60 ab
T3 = 440-P15	4.10 a	6.07 bc	10.72 ab	1.84 b	2.90 a
T4 = 340-P15	3.15 bc	6.15 b	9.40 c	1.63 b	2.40 b
T5 = 440-P13	3.10 c	5.57 c	10.22 bc	1.70 b	2.50 ab
T6 = 340-P13	4.00 a	6.04 bc	11.33 a	1.92 ab	2.90 a
Valor p	0.0001	0.0011	0.0033	0.0157	0.2058

T1 = 440 kg ha⁻¹ K y material criollo, T2 = 340 kg ha⁻¹ K y material criollo, T3 = 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T4 = 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T5 = 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13 y T6 = 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13. Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Fisher LSD p ≤ 0.05).

tuvieron los mejores resultados para esta variable, fueron los del tratamiento 1 (440 kg ha⁻¹ K y material criollo) con 2.17 mm, siendo superior estadísticamente al resto de los tratamientos (p ≤ 0.0157).

Para la variable número de lóculos, en frutos clasificados como grandes los resultados indican que con el uso del tratamiento 1 (440 kg ha⁻¹ K y material criollo) se obtuvo un valor máximo de 3 lóculos, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Para los frutos clasificados como medianos hubo dos tratamientos que obtuvieron los mejores resultados para esta variable, pero entre ellos no presentaron diferencia significancia, los tratamientos 1 y 3 (440 kg ha⁻¹ K material criollo y línea mejorada P15) tuvieron 2.9 y 2.8 número de lóculos, respectivamente, sin diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Para los frutos clasificados como tamaños chicos, los tratamientos 3 y 6 (440 kg ha⁻¹ K línea mejorada P15; 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13) tuvieron 2.9 lóculos, valores que fueron estadísticamente superiores al resto de los tratamientos.

El mayor rendimiento por planta y rendimiento por hectárea se obtuvo en las plantas con el tratamiento 3 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) con 489.43 g por planta y 14.77 t ha⁻¹, respectivamente, con diferencias significativas estadísticas con el resto de los tratamientos (Tabla 5). Además, se observa que las plantas que tuvieron los valores más bajos para estas variables fueron las del tratamiento 5 (440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13) con 158.30 g por planta y 4.78 t ha⁻¹.

DISCUSIÓN

La utilización de dosis baja de potasio y semilla mejorada (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) ocasionó efectos positivos en las variables morfológicas, calidad de fruto y rendimiento en el cultivo de chile soledad. En referencia a la altura de planta, el mejor resultado para esta variable a los 105 ddt, se obtuvo con el tratamiento 4 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) con 77.73 cm, sin embargo, el uso de la

Tabla 5. Efecto de la fertilización potásica en líneas mejoradas y material criollo en el rendimiento por planta y extrapolación del rendimiento total en chile soledad (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de temporal.

Tratamientos	Rendimiento por planta (g)	Rendimiento total (t ha ⁻¹)
T1 = 440-material criollo	279.68 cd	8.44 cd
T2 = 340-material criollo	361.10 b	10.90 b
T3 = 440-P15	322.99 bc	9.75 bc
T4 = 340-P15	489.43 a	14.77 a
T5 = 440-P13	158.30 e	4.78 e
T6 = 340-P13	255.01 d	7.70 d
Valor p	0.0001	0.0001

T1 = 440 kg ha⁻¹ K y material criollo, T2 = 340 kg ha⁻¹ K y material criollo, T3 = 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T4 = 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15, T5 = 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13 y T6= 340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13. Medias con letras iguales en columnas no son estadísticamente diferentes (Fisher LSD p ≤ 0.05).

misma semilla mejorada P-15 pero con la dosis de 440 kg ha⁻¹, obtuvo resultados inferiores con 69.80 cm. Además, la altura de planta de las líneas mejoradas P15 y P13 mostrada en este experimento, difiere de lo reportado por algunos autores, quienes hacen referencia que la altura de planta de la línea mejorada CHISER-522 (P-15), fluctúa entre los 90 y 130 cm; y la línea mejorada P13 puede alcanzar una altura entre 86 y 140 cm (SADER 2019; Ramírez-Meraz 2022), sin embargo, estos resultados se obtienen con el uso de fertirrigación. La altura de planta de chile soledad se vio mejorada con un buen suministro de potasio, estos resultados son similares a los reportados por Akram *et al.* (2017) quienes evaluaron diferentes dosis de fertilización de potasio para la producción de *Capsicum annuum* L. var. padrón, mostraron una máxima altura de planta de 53.00 cm con el tratamiento donde la dosis de potasio fue de 120 kg ha⁻¹, en comparación con el testigo (29.50 cm). En este mismo contexto, Kusumiyati *et al.* (2022) evaluaron variedades de *Capsicum annuum* L. var. UNPAD CB2, Tanjung 2 y Lingga en dosis de fertilización de potasio (0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ KCl), reportando la máxima altura de planta en la var. UNPAD con 109.33 y 105.83 cm con las dosis de 100 y 200 kg ha⁻¹ de KCl, respectivamente. Por su parte, Tlelo-Cuautle *et al.* (2020) evaluaron fertilización orgánica y tres fórmulas químicas (40N 20P 40K, 80N 40P 80K y 120N 60P 120K) en una variedad criolla de chile poblano, en la que no encontraron diferencias entre tratamientos químicos. Para la variable diámetro de tallo, el mejor re-

sultado se obtuvo en plantas con el tratamiento 4 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) con 14.78 mm a los 105 ddt, presentando diferencias significativas con el resto de los tratamientos. Estos resultados son similares con los reportados por Kusumiyati *et al.* (2022), quienes evaluaron diferentes variedades de *Capsicum annuum* L. bajo dosis de fertilización de potasio de 0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ KCl, encontrando que el mayor diámetro de tallo de 9.27 mm lo obtuvieron con la dosis de 200 kg ha⁻¹, así mismo, mientras que con una aplicación de 300 kg ha⁻¹ de potasio, obtuvieron un diámetro de 9.04 cm, valores que son inferiores a los obtenidos en esta investigación, con una fertilización similar de potasio de 340 kg ha⁻¹. Para el ancho de copa los tratamientos 2 y 4 (340 kg ha⁻¹ K material criollo y línea mejorada P15), obtuvieron los mejores resultados con 63.33 y 64.43 cm, respectivamente, en cambio los valores más bajos se obtuvieron con los tratamientos 1 y 5 (440 kg ha⁻¹ K material criollo y línea mejorada P13), con 54.80 y 53.01 cm respectivamente. De manera similar Toledo *et al.* (2011) evaluaron 49 variedades nativas de *Capsicum annuum* L. utilizando una dosis de fertilización de 60 kg ha⁻¹ de potasio, obteniendo un valor máximo de ancho de copa de 44.3 cm.

El mayor número de ramificaciones se obtuvo en las plantas con los tratamientos 1 y 3 (440 kg ha⁻¹ K material criollo y línea mejorada P15), los cuales no presentaron diferencias significativas, pero si con el resto de los tratamientos. Aunado a lo anterior, Akram *et al.* (2017) evaluaron diferentes dosis de fertilización de fósforo y potasio para la producción

de *Capsicum annum* L. obteniendo un máximo de ramificaciones de 41.20 con 120K kg ha⁻¹. Mientras que los valores más bajos se obtuvieron en el tratamiento 0 (control) sin fertilización y el tratamiento T2 (100P 0K kg ha⁻¹) sin la aplicación de potasio con 15 y 15.17 ramificaciones respectivamente. Al respecto, El-Bassiony *et al.* (2010) quienes evaluaron dosis de fertilización de sulfato de potasio (50, 100 y 200 kg ha⁻¹), obtuvieron un mayor número de ramificaciones de 9.13 con la dosis de 200 kg ha⁻¹ en el 2009, sin embargo, para el 2010 el valor más alto se obtuvo con una aplicación menor de potasio 100 kg ha⁻¹ obteniendo 10.25 ramificaciones.

El potasio es uno de los macronutrientes importantes en el crecimiento de las plantas, entre sus principales funciones destacan la apertura y cierre de estomas, la movilización de azúcares en el floema y es activador de numerosas reacciones enzimáticas (Johnson *et al.* 2022). Por lo que un suministro adecuado de potasio mejora el crecimiento, como lo demostramos en Chile Soledad. Sin embargo, la dosis alta de potasio disminuyó el crecimiento del Chile Soledad. Algunos trabajos previos, indican que las altas concentraciones de potasio no favorecen las variables morfológicas de los cultivos, esto puede atribuirse a que un suministro excesivo de potasio puede influir en la concentración osmótica de la rizosfera que esta sea mayor en comparación con las células de la raíz, inhibiendo la absorción de agua y la eficiencia de este elemento (Daoud *et al.* 2020). De manera similar, Xu *et al.* (2020) reportan que un suministro excesivo de K puede inhibir la asimilación de carbono en las hojas, lo que resulta en una disminución del crecimiento de la planta.

Para las variables de calidad de fruto (Tabla 5). Las plantas evaluadas con el tratamiento 3 (440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15) obtuvieron los mejores resultados de peso de fruto en tamaño grande, mediano y chico con 8.60, 5.60 y 4.10 g ($p \leq 0.05$). Pero los frutos de tamaño mediano y chico no presentaron diferencias estadísticas significativas con el tratamiento 6 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13) con 5.10 y 4.00 g, respectivamente, pero si hubo diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos. Al respecto, Ramírez-Meraz *et al.*

(2019) señalan que el peso de fruto de la línea mejorada CHISER-522 se sitúa en los 4.7 g, este dato coincide con los resultados obtenidos en los frutos de tamaño mediano. Mientras que Ramírez-Meraz (2022) menciona que el peso de fruto de la línea mejorada P-13 puede ser de 3.7 a 5.0 g datos que coinciden con los obtenidos en esta investigación en la clasificación de chiles de tamaño mediano. Pero se difiere con Vera-Sánchez *et al.* (2016) quienes indican que el valor máximo de peso del fruto del Chile Soledad es de 8.7 g. Los frutos de mayor longitud, clasificados como grandes no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 3 (340 kg ha⁻¹ K material criollo y 440 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P15), obteniendo como resultado 9.74 y 9.83 cm ($p \leq 0.05$), respectivamente. Los mejores resultados de esta variable clasificados como medianos se obtuvieron con los tratamientos 1 y 3 (440 kg ha⁻¹ K material criollo y línea mejorada P15), sin diferencias significativas con 7.71 y 7.57 cm, respectivamente, pero si con el resto de los tratamientos. Respecto a frutos chicos el mejor resultado se obtuvo en el tratamiento 1 (440 kg ha⁻¹ K y material criollo), con 6.83 cm, siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos. Por su parte, Ramírez-Meraz *et al.* (2019) indican que la longitud promedio de fruto del Chile Soledad (*Capsicum annum* L.) de la línea mejorada CHISER-522 es de 8.2 cm. Aunado a lo anterior Ramírez-Meraz (2022) indica que la longitud de fruto en la línea mejorada P-13 puede ser de 6.7 a 8.5 cm. Sin embargo, ambas longitudes de fruto, presentaron valores inferiores a los obtenidos en los frutos de clasificación grande en esta investigación. De manera similar, Vera-Sánchez *et al.* (2016) indican que el valor máximo de longitud del fruto del Chile Soledad es de 7.63 cm. Mientras que Kusumiyati *et al.* (2022) al evaluar el efecto de dosis de potasio de 0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ KCl en *Capsicum annum* L. reportaron un valor máximo de longitud de fruto de 12.34 cm con la dosis de 300 kg ha⁻¹, sin embargo, no presentó diferencia estadística con las dosis de 100 y 200 kg ha⁻¹ ambos con resultado de 11.55 cm. Por su parte Akram *et al.* (2017) evaluaron diferentes dosis de fertilización con P y K en *Capsicum annum* L. var. padrón, el mejor resultado lo

obtuvieron en el tratamiento 3 con la dosis de 100P 120K kg ha⁻¹ una longitud de fruto de 9.00 cm, sin embargo, el resultado para el tratamiento T 5 (100P 0K kg ha⁻¹) sin aplicación de potasio, obtuvo una longitud menor de 6.87 cm. De igual manera, Toñanez-Pavón *et al.* (2021) quienes evaluaron el efecto de la dosis de fertilizante potásico (50, 75, 100, 125 y 150 kg ha⁻¹) en *Capsicum annuum* L. var. Híbrido Nathalie obteniendo el mejor resultado de 12.67 cm de longitud de fruto con el tratamiento de 100 kg ha⁻¹ de potasio. La longitud de fruto se ve influenciado por la aportación de K que actúa directamente sobre la fotosíntesis, motivo por el cual la acumulación de carbohidratos influye en esta variable (Shen *et al.* 2017).

La aplicación de la dosis de potasio de 340 kg ha⁻¹ y la utilización de la línea mejorada P-15 tuvo el mejor resultado para la variable diámetro de fruto en tamaño grande con 13.06 mm, siendo estadísticamente mejor al resto de los tratamientos, mientras que el menor diámetro se tuvo con el tratamiento 1 (440 kg ha⁻¹ K y material criollo), con 9.58 mm. De acuerdo a la clasificación de frutos medianos y chicos, el fruto con mayor diámetro para ambas clasificaciones, se obtuvo con el tratamiento 6 (340 kg ha⁻¹ K y línea mejorada P13), con 11.62 y 11.33 mm, respectivamente. Estos resultados son semejantes a los mencionados por Ramírez-Meraz (2022) para la línea mejorada P-13 la cual presenta un diámetro de fruto de 1.2 cm. Aunado a lo anterior, Ramírez-Meraz *et al.* (2019) indican que el diámetro de fruto de la línea mejorada CHISER-522 puede ser de 1.1 cm, utilizando fertirrigación. Mientras que Vera-Sánchez *et al.* (2016) indican que el valor máximo de diámetro de fruto del chile soledad es de 15.3 mm. No obstante, Kusumiyati *et al.* (2022) evaluaron diferentes dosis de potasio (0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ de KCl) en *Capsicum annuum* L. reportan un diámetro máximo de fruto de 14.88 mm, pero no encontraron diferencias significativas entre las dosis de fertilización evaluadas. Para el grosor de pericarpio (Tabla 5), la clasificación de tamaño grande y chico indica que los mayores valores se tuvieron los tratamientos 2 y 1 (440 y 340 kg ha⁻¹ K ambos con material criollo), con valores de 2.31 y 2.17 mm, respectivamente ($p \leq 0.05$). Mientras que

para la clasificación de fruto mediano no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Al respecto, Aguilar-Rincón *et al.* (2010) indican que el grosor o espesor de pericarpio del chile soledad oscila entre 1.0 a 2.0 mm. Sin embargo, Vera-Sánchez *et al.* (2016) señalan que el grosor de pericarpio del chile soledad puede tener un valor promedio de 2.26 mm. Para las dosis de potasio Toñanez-Pavón *et al.* (2021) reportan diferencias significativas en el grosor de pericarpio de *Capsicum annuum* L. en dosis de 100, 125, y 150 kg ha⁻¹ con máximo valor de 5.4 mm. Para el número de lóculos en tamaño de fruto grande, mediano y chico en P15, P13 y material criollo fluctuó entre 2 y 3, lo cual no se vio afectado por las dosis de potasio. de fruto. Al respecto, Vera-Sánchez *et al.* (2016) reportan que el fruto de chile soledad puede presentar de 2 hasta 3 lóculos.

De acuerdo a los resultados de diversas investigaciones tal es el caso de Woldemariam *et al.* (2018) quienes evaluaron diferentes dosis de potasio (0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 y 400 kg ha⁻¹ K₂O) en *Solanum lycopersicum* L. manifiestan haber obtenido efectos positivos en los parámetros de calidad y en el rendimiento con el nivel de potasio de 0 a 150 kg ha⁻¹ resultados que posteriormente al aumentar la dosis de fertilización disminuyeron. Resultados que concuerdan con Chávez *et al.* (2018) quienes al evaluar diferentes dosis de potasio encontraron que a menor concentración de este elemento favorece una mayor acumulación de pigmentos fotosintéticos en relación con las dosis elevadas de K, la cual a su vez se ve reflejada en la captación de energía lumínica, que es transformada en energía química por medio de la fotosíntesis.

Las plantas en siembra de temporal con el tratamiento 4 (340 kg ha⁻¹ y línea mejorada P-15) obtuvieron los mejores resultados para rendimiento por planta y rendimiento total de fruto con 489.43 g y 14.77 t ha⁻¹ respectivamente. En este tratamiento se utilizó un valor aproximado a la dosis recomendada por Mata-Vázquez *et al.* (2010) de 294 kg ha⁻¹ de K, para la producción de chile serrano. Por otro lado, el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera indica que el rendimiento promedio del fruto en la región de estudio es de 8.8 t ha⁻¹

con semilla criolla y en temporal (SIAP 2022). Otros investigadores como Akram *et al.* (2017) quienes evaluaron diferentes dosis de fertilización de fósforo y potasio para la producción de *Capsicum annuum* L. var. padrón, reportaron un rendimiento por planta máximo de 465.5 g con 100P 120K kg ha⁻¹, mientras que el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento con 200P 0K kg ha⁻¹ con rendimiento por planta de 137.1 g. En tanto que Kusumiyati *et al.* (2022) reportaron diferencias significativas entre tratamientos en el peso de fruto por planta en dosis de 0, 100, 200 y 300 kg ha⁻¹ de KCl. Mientras que Domínguez-Beatriz *et al.* (2014) al evaluar chile soledad (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de temporal con fertilización de 110-46-30 t ha⁻¹, fraccionada en dos partes obtuvieron un rendimiento de 12 t ha⁻¹. En cambio, Ramírez-Meraz *et al.* (2019) indican que la línea mejorada CHISER-522 (P-15), puede llegar a obtener un rendimiento promedio de 20.5 t ha⁻¹ bajo condiciones de fertirrigación. Además, Ramírez-Meraz (2022) menciona que la línea mejorada P-13 puede obtener un rendimiento promedio de 15.5 a 20 t ha⁻¹ en campo abierto bajo condiciones de riego. Por lo tanto, un suministro equilibrado de potasio aumenta el rendimiento de los cultivos debido a que mejora el metabolismo del carbono y nitrógeno. Contrariamente, la insuficiencia o excesivo potasio inhibe la carga de fotosintatos en el floema lo que reduce el transporte de los órganos fuente a los órganos sumidero (Xu *et al.* 2020) por lo que el rendimiento es reducido. La aplicación excesiva de potasio puede llegar a ocasionar antagonismo con otros elementos como el magnesio o el calcio (Alconada *et al.* 2015),

reflejándose en la disminución del rendimiento.

CONCLUSIONES

Las dosis de fertilización potásica de 340 kg ha⁻¹ en combinación con el uso de semilla mejorada P15 tiene un efecto positivo en el rendimiento de fruto fresco por unidad de superficie en el cultivo de chile soledad o serrano delgado. Además, de influir positivamente en la morfología de la planta como: altura, diámetro de tallo y ancho de copa de este. Finalmente se concluye que el uso de la semilla mejorada P15 y el manejo adecuado de la fertilización potásica (340 kg ha⁻¹), puede ser considerada una alternativa de producción para mejorar las condiciones morfológicas de la planta e incrementar el rendimiento de este cultivo bajo condiciones de temporal, a su vez influirá en la disminución en el impacto ambiental por su uso excesivo y disminuirá considerablemente los costos de producción de esta hortaliza.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Hortalizas área de Mejoramiento Genético de Chiles. Centro de Investigación Regional Noreste INIFAP-CAMPO EXPERIMENTAL LAS HUASTECAS. Por la donación de las semillas de líneas mejoradas P15 y P13, para que se llevará a cabo esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rincón VH, Corona-Torres T, López P, Latournerie-Moreno L, Ramírez-Meraz M, Villalón-Mendoza H, Aguilar-Castillo JA (2010) Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114p.
- Akram M, Hussain S, Hamid A, Majeed S, Chaudary SA, Shah ZA, Yaqoob A, Kayani F, Arif U, Fareed K, Jamil F, Mehmood Z, Basher S, Arif AA, Akhter N (2017) Interactive effect of phosphorus and potassium on growth, yield, quality and seed production of chili (*Capsicum annuum* L.). Journal of Horticulture 4: 1-5. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000192>.
- Alconada M, Lanfranco J, Pellegrini A (2015) Suelo en el paisaje. Edulp 1: 1-154.

- Bosland PW (1996) Capsicums: Innovative uses of an ancient crop. In: Janick J (ed) Progress in new crops. ASHS Press. Arlington. pp: 479-487.
- Chávez ES, Ruiz JM, Romero L, Preciado-Rangel P, Flores-Córdova MA, Márquez-Quiroz C (2018) ¿Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol ejotero? Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 5: 387-398. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1757>.
- CIRNE (2010) Fertirrigación de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. Libro técnico N° 2. Primera ed. Centro de Investigación Regional Noreste. Villa Cuauhtémoc, Tam., México. 176p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/854.pdf>. Fecha de consulta: 05 de marzo de 2018.
- Daoud B, Pawelzik E, Naumann M (2020) Different potassium fertilization levels influence water-use efficiency, yield, and fruit quality attributes of cocktail tomato-A comparative study of deficient-to-excessive supply. Scientia Horticulturae 272: 109562. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109562>.
- Di-Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW (2018) InfoStat versión 2018. Centro de transferencia InfoStat, FCA, Universidad de Córdoba, Argentina. www.infostat.com.ar. Fecha de consulta: 08 de julio de 2019.
- Domínguez-Beatriz AV, Quevedo-Guerrero A, Tinoco-Alfaro CA, Alvarado-Gómez LC, Velázquez-Silvestre MG (2014) Densidades de siembra en chile soledad (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de temporal en la lima, Veracruz. Revista Biológico-Agropecuaria Tuxpan 2: 128-131.
- El-Bassiony AM, Fawzy ZF, Ab El-Samad EH, Riad GS (2010) Growth, yield and fruit quality of sweet pepper plants (*Capsicum annuum* L.) as affected by potassium fertilization. Journal of American Science 6: 722-729.
- FAO (2021) Cultivos y productos de ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2023
- García-Miranda E (2004) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 90p.
- González-Pérez E, Ramírez-Meraz M, Canul-Ku J, Flores-López R, Macias-Valdez M (2021) Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al mejoramiento genético de hortalizas. Revista Mexicana de Ciencias Agrarias 25: 1-13. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2802>.
- INIFAP (2017) Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CHISER-522, variedad de chile serrano delgado o soledad. http://www.inifapcirne.gob.mx/Eventos/2018/NOTA_93.pdf. Fecha de consulta: de febrero de 2018.
- Johnson R, Vishwakarma K, Hossen MS, Kumar V, Shackira AM, Puthur JT, Hasanuzzaman M (2022) Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. Plant Physiology and Biochemistry 172: 56-69. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>.
- Kusumiyati K, Syifa R, Farida F (2022) Effect of various varieties and dosage of potassium fertilizer on growth, yield, and quality of red chili (*Capsicum annuum* L.). Open Agriculture 7(1): 948-961. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0151>.
- Laborde-Cancino JA, Pozo-Campodónico O (1984) Presente y pasado del chile en México. Secretaria de Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigadores Agrícolas (SARH-INIA). Publicación especial No. 85. México 80p.
- Mata-Vázquez H, Vázquez-García H, Ramírez-Meraz M, Patishtán-Pérez J (2010) Fertirrigación del chile serrano con riego por goteo en el Sur de Tamaulipas. Primera ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales

- Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Las Huastecas. Libro Técnico No. 2. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas 176p.
- Mohd Zain NA, Ismail MR (2016) Effects of potassium rates and types on growth, leaf gas exchange and biochemical changes in rice (*Oryza sativa*) planted under cyclic water stress. *Agricultural Water Management* 164: 83-90.
- Nieves-González F, Alejo-Santiago G, Luna-Esquivel G, Lemus-Flores G, Juárez-López P, Salcedo-Pérez E (2015) Extracción y requerimientos de fósforo en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) "Big Brother" *Interciencia* 40: 282-286.
- Oosterhuis D, Loka DM, Kawakami W, Kawakami EM, Pettigrew WT (2014) The physiology of potassium in crop production. *Advances in Agronomy* 126: 203-233.
- Ramírez-Godina F, Robledo-Torres V, Reyes-Valdés MH, Escobedo-Bocardo L, Torres-Tapia MA, García-Ozuna HT (2015) Estudio histológico de plantas autotetraploides y diploides de tomate cáscara. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 2291-2299.
- Ramírez-Meraz M (2022) Informe Técnico Final Proyecto 1844335179 Banco de Germoplasma de Chile. Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP-CIR Noreste. Cuauhtémoc, Tam., México. 29p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/celashuastecas.php>. Fecha de consulta: 06 de agosto de 2023.
- Ramírez-Meraz M, Arcos-Cavazos G, Méndez-Aguilar R, Meneses-Márquez I (2019) Variedades e híbridos de chile para el trópico de México. In: Meza-Villalvazo VM, Chay-Canul AJ (ed) *Producción agropecuaria, un enfoque integrado*. Universidad del Papaloapan. México. pp: 29-38.
- SADER (2019) Desarrolla INIFAP chile serrano con mayor rentabilidad y resistencia a enfermedades. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/develop-inifap-chile-serrano-con-mayor-rentabilidad-y-resistencia-a-enfermedades>. Fecha de consulta: 23 de julio de 2020.
- SE (2015) Norma Oficial Mexicana NMX-FF-025-2014. Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Chile (*Capsicum* spp.) especificaciones. (cancela a la NMX-FF-025-SCFI-2007). Secretaría de Economía. Diario Oficial de la Federación. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5379404&fecha=23/01/2015. Fecha de consulta: 19 de julio 2019.
- Shen C, Wang J, Jin X, Liu N, Fan X, Dong C, Shen Xu QY (2017) Potassium enhances the sugar assimilation in leaves and fruit by regulating the expression of key genes involved in sugar metabolism of Asian pears. *Plant Growth Regul* 83: 287-300.
- SIAP (2022) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 15 de junio de 2023.
- SMN (2019) Servicio Meteorológico Nacional Normales Climatológicas. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL20237.TXT>. Fecha de consulta: 23 de enero de 2022.
- Srivastava AK, Shankar A, Chandran AK, Sharma M, Jung KH, Suprasanna P, Pandey GK (2020) Emerging concepts of potassium homeostasis in plants. *Journal of Experimental Botany* 71: 608-619.
- Steiner AA (1961) A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15: 134-154.
- Tlelo-Cuautle AM, Taboada-Gaytán OR, Cruz-Hernández J, López-Sánchez H, López PA (2020) Efecto de la fertilización orgánica y química en el rendimiento de fruto de chile poblano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 43: 283-289.

- Toledo-Aguilar R, López-Sánchez H, Antonio-López P, Guerrero-Rodríguez JD, Santacruz-Varela A, Huerta-de la Peña A (2011) Características vegetativas, reproductivas y de rendimiento de fruto de variedades nativas de Chile "poblano". Revista Chapingo Serie horticultura 17: 139-150.
- Toñanez-Pavón LD, Bottito-Fernández JA, Galeano-Graupera XJ (2021) Efectos de fertilización potásica en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) Var: Híbrido Nathalie. Revista Alfa 5: 78-90.
- Vera-Sánchez KS, Cadena-Iñiguez J, Latournerie-Moreno L, Santiaguillo-Hernández JF, Rodríguez-Contreras A, Basurto-Pena FA, Castro-Lara D, Rodríguez-Guzmán E, López-López P, Ríos-Santos E (2016) Conservación y utilización sostenible de las hortalizas nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, México. 132p.
- Villa-Castorena MM, Catalán-Valencia EA, Inzunza-Ibarra MA, Román-López A (2005) Manejo de la fertilización en plántulas de tomate para trasplante. Agrofaz 5: 1-4.
- Woldemariam SH, Lal S, Zelelew DZ, Solomon MT (2018) Effect of potassium level on productivity and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Journal of Agricultural Studies. 6: 102-115.
- Xu X, Du X, Wang F, Sha J, Chen Q, Tian G, Zhu Z, Ge S, Jiang Y (2020) Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. Frontiers in Plant Science 11: 1-13.