

ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE PAPA FIANNA EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE CLORURO DE MEPIQUAT EN INVERNADERO

PLANT HEIGHT AND YIELD OF POTATO VARIETY FIANNA IN RESPONSE TO THE APPLICATION OF MEPIQUAT CHLORIDE IN GREENHOUSE

Román Flores-López^{1*}, Maricela Marín-Casimiro¹,
Erasto Sotelo-Ruiz¹ y Francisco Xavier Flores-Gutiérrez²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Sitio Experimental Metepec, Zinacantepec, Estado de México, México.

²Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Universitario "El Cerrillo", Facultad de Ciencias Agrícolas, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (flores.roman@inifap.gob.mx)

RESUMEN

Altas densidades de siembra de papa (*Solanum tuberosum*) en invernadero provocan etiolación en plantas, ocasionando pudriciones y acame del cultivo, afectando el rendimiento y dificultando las labores culturales. El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto del cloruro de mepiquat (CMe) en la inhibición de crecimiento en plantas de papa en invernadero. Se empleó la variedad de papa Fianna y se establecieron cuatro experimentos; en los dos primeros se evaluaron 1000, 1500 y 2000 mg L⁻¹ de CMe desde los 35 días después de la emergencia (DDE), mientras que en los dos últimos los momentos de aplicación se determinaron de la siguiente manera: en el tercer experimento 1000, 1500 y 2000 mg L⁻¹ se aplicaron desde los 15, 20, 25 y 30 DDE y en el último 1500 y 2000 mg L⁻¹ de CMe fueron aplicados desde los 15, 20 y 30 DDE, realizando de cuatro a seis aplicaciones cada ocho días. En los primeros dos experimentos se observó una menor altura de las plantas tratadas, de 5.5 a 13 % con respecto al testigo, mientras que en los experimentos tres y cuatro la diferencia de altura fue mayor, de hasta 60.4 %, mostrando el mayor efecto cuando se aplicaron a los 15 y 20 DDE con una disminución en altura de planta de 45 y 60.4 %, respectivamente, mientras que en el cuarto experimento se observó la misma tendencia con hasta 49.0 % de disminución de altura, presentándose mayor efecto cuando las aplicaciones de CMe se iniciaron desde los 15 y 20 DDE. En aplicaciones más tempranas se tuvo un efecto negativo en rendimiento y peso fresco; sin embargo, lo anterior no se observó en número de minitubérculos totales y grandes (> 20 mm) producidos. Por lo anterior, es posible emplear este inhibidor para detener el crecimiento excesivo de plantas de papa en invernadero y facilitar el manejo agronómico del cultivo en la producción de semilla de papa prebásica II.

Palabras clave: invernadero, inhibidores del crecimiento, papa, semilla prebásica.

SUMMARY

High densities of planting potatoes (*Solanum tuberosum*) in greenhouse cause etiolation in plants, which in turn cause rot and crop lodging, affecting yield and making cultivation difficult. The purpose of this research was to evaluate the effect of mepiquat chloride (MeC) on growth inhibition of potato plants in greenhouse. The variety of potato Fianna was used and four experiments were established; in the first two experiments, doses of 1000, 1500 and 2000 mg L⁻¹ of mepiquat chloride were evaluated from 35 days after emergence (DAE), while in the last two experiments the application times were determined as follows: in the third experiment 1000, 1500 and 2000 mg L⁻¹ were applied from 15, 20, 25 and 30 DAE, and in the last one 1500

and 2000 mg L⁻¹ were applied from 15, 20 and 30 DAE, performing four to six applications every eight days. In the first two experiments, a lower height from 5.5 to 13 % of the treated plants was observed in relation to the control, while in experiments three and four the difference in height was greater, of up to 60.4 %, showing the greatest effect when applied at 15 and 20 DAE with a decrease in plant height of 45 and 60.4 % respectively, while in the fourth experiment the same trend was observed with up to 49.0 % of height decrease; the effect was greater when MeC applications started from 15 and 20 DAE. In earlier applications there was a negative effect on yield and fresh weight; however, the above was not observed in the number of total and large (> 20 mm) minitubers produced. Therefore, it is possible to use this inhibitor to stop excessive growth of potato plants in a greenhouse and facilitate agronomic management of the crop in the production of pre-foundation II potato seed.

Index words: Greenhouse, growth inhibitors, potato, pre-foundation seed.

INTRODUCCIÓN

Altas densidades de plantación en invernadero, de 80 a 120 plantas m⁻², para la producción de semilla de papa, empleadas con el propósito de maximizar el aprovechamiento de la superficie de invernadero, provocan incremento de la altura de las plantas (Flores-López et al., 2009), lo que ocasiona la etiolación de las mismas, llegando a medir más de 100 cm de altura, lo que origina su caída, pudriciones en la base del tallo y mayor proporción de tubérculos de diámetros menores de 20 mm, que no son comercializables; así mismo, el crecimiento excesivo de la parte aérea de la planta dificulta el manejo del cultivo, la inspección de trampas amarillas para el monitoreo de insectos vectores, aplicación de agroquímicos vía foliar y cosecha. Lo anterior hace necesario el uso de dos y hasta tres mallas tutor y malla espaldera, lo que incrementa el costo de cultivo.

La luz y temperatura son factores asociados a los procesos del crecimiento y desarrollo de las plantas, donde están involucradas las giberelinas, las cuales en papa desempeñan un papel determinante en los procesos

de crecimiento, estolonización y tuberización, donde se ha observado la inhibición de estos dos últimos en presencia de altas concentraciones de giberelinas (Struik y Wiersema, 1999), es por ello que el empleo de retardadores del crecimiento puede ser una práctica para contrarrestar el efecto de éstas, y favorecer el balance hormonal, evitar el crecimiento excesivo del follaje e incrementar la inducción de estolonización y tuberización.

Actualmente se tiene gran disponibilidad de inhibidores o retardadores del crecimiento que se han usado desde hace décadas en la agricultura. En cultivos hortícolas, se han empleado para reducir la longitud de entrenudos y la altura total de la planta sin disminuir su productividad, o incrementar el rendimiento del órgano de interés en especies como el plátano (*Musa × paradisiaca*) (Arias-García *et al.*, 2021), papa (Flores-López *et al.*, 2016), girasol (*Helianthus annuus*) (Koutroubas y Damalas 2020) y algodón (*Gossypium hirsutum*) (Zhao *et al.*, 2019).

Tanto el cloruro de cloromequat (cycocel) como el de mepiquat (CMe) pertenecen al mismo grupo de inhibidores del crecimiento; así, se señala que tanto el cycocel como el CMe parecen interactuar con la ciclación de geranilgeranilpifosfato a ent-kaureno, catalizado por ent-kaureno sintasa (Grossmann 1992).

Gahan y Zavala (1999) mencionaron que tanto el CMe como el cycocel redujeron significativamente la altura de las plantas de algodón en campo y ambos incrementaron el rendimiento. Otros estudios señalan que en condiciones de salinidad los efectos del estrés en algodón, variedades Kashmar y Latif, se redujeron después de tratar las semillas con CMe durante la etapa de plántula, se incrementó el porcentaje de germinación, longitud de la radícula, peso seco y fresco, compuestos fenólicos, así como el contenido de prolina, glicina y betaína (Jafari *et al.*, 2018). En ajo (*Allium sativum*), 250 y 500 mg L⁻¹ de CMe redujeron la altura de la planta y aumentaron el número de hojas, área foliar, peso seco de la planta y la proporción de bulbos, así como el rendimiento total y diámetro de bulbo (El Sayed *et al.*, 2012), mientras en yuca (*Manihot esculenta*), aplicaciones de paclobutrazol y CMe, o paclobutrazol + CMe tuvieron un efecto negativo en la altura de la planta, e incremento significativo en el índice de área foliar con respecto al testigo (Panyapruet *et al.*, 2017). En chile amarillo (*Capsicum baccatum*), aplicaciones de 250 y 375 mg L⁻¹ incrementaron rendimiento y número de frutos por planta (Nolasco y Casas, 2022); así mismo, se favoreció la brotación uniforme en ñame (*Dioscorea rotundata*) tratado 326 días después de la cosecha con 1 y 2 g L⁻¹ (Sánchez-López *et al.*, 2021). En algodón se observó reducción en la altura de la planta con el tratamiento de CMe, misma que se puede atribuir a la reducción inducida del ácido giberélico

(AG) que es responsable del alargamiento de las células (Reddy *et al.*, 1996); los mismos autores mencionan que se presentó reducción del área foliar de 16 y 25 % y menos fotosíntesis neta en las plantas tratadas. En cacahuate (*Arachis hypogaea*) se redujo la longitud del tallo, IAF y se incrementó la longitud de raíz, rendimiento y materia seca (Jeyakumar y Thangaraj, 1996).

En papa, altas temperaturas nocturnas y alta concentración de giberelinas tienen el efecto de promover el crecimiento vegetativo y suprimir la producción de tubérculos, contrario a los inhibidores del crecimiento como el CCC y ABA (Menzel, 1980). Se ha determinado que la concentración interna de AG es alta en plantas en condiciones no inductivas de la tuberización y decrece en condiciones inductivas, días cortos y bajas temperaturas nocturnas (Hannapel *et al.*, 2004), por lo que la concentración endógena de AG₁ en estolones y hojas decrece durante la tuberización (Carrera *et al.*, 1999), misma que es inhibida con la aplicación de AG₃, y favorecida con la aplicación de inhibidores de la biosíntesis de AG₃ (Vreugdenhil y Sergeeva, 1999).

Algunos inhibidores del crecimiento que se han usado en papa son: cycocel, paclobutrazol, uniconazol, ancymidol y daminozida; se han empleado en la conservación de genotipos de papa *in vitro* (Baltazar *et al.*, 2023), para limitar la altura de la planta en invernadero (Flores *et al.*, 2011) y en campo, contrarrestar el efecto de altas temperaturas que inhiben la tuberización (Tekalign y Hammes, 2005) e incrementar el rendimiento del cultivo (Pavlista, 2013).

El cycocel, con siete aplicaciones a intervalo de cinco días cada una, ha sido empleado para inducir tuberización en plantas de papa asperjadas con 250 mg L⁻¹ a los 30, 45 y 60 días después de la siembra, y como resultado obtuvieron mayor rendimiento de tubérculos sin afectar el tamaño de éstos, el contenido de azúcares o de almidón (Shoba *et al.*, 2004).

Sharma *et al.* (1998) mencionaron que el tratamiento con cycocel redujo el crecimiento de brotes, estolones, peso seco y promovió la tuberización, el contenido de clorofila *a* y *b*, incrementó 11 % el contenido de almidón en los tubérculos en comparación con el control no tratado, mientras que AG₃ disminuyó el contenido de almidón en aproximadamente 13 %.

En papa no se encontraron investigaciones sobre el efecto del CMe en la reducción de altura de la planta; sin embargo, se ha empleado con el propósito de incrementar su rendimiento. Así, la variedad Monalisa presentó un incremento de rendimiento en los tubérculos de 45 a 120 mm de diámetro ecuatorial (tamaño primera y segunda)

con aspersiones de cycocel con intervalos de 250 a 500 mg L⁻¹ y CMe de 25 mg L⁻¹ (Tavares y Lucchesi, 1999); así mismo, Devendra *et al.* (1999) mencionaron que el uso de CMe a concentración de 1 L ha⁻¹ incrementó el rendimiento y mejoró la proporción de tubérculos de primera y segunda calidad entre 24 y 41 %. En este sentido, Ali y Al-Nagaa (2019) mencionaron que tres aplicaciones de 150 mg L⁻¹ de CMe incrementaron el rendimiento de papa en campo, mientras Kumar *et al.* (2010) mencionaron que aplicaciones foliares con 100 mg L⁻¹ de CMe a los 30 y 45 días después de la siembra fueron más efectivas para incrementar el rendimiento y parámetros de calidad en papa.

En general, en hortalizas el efecto del CMe se manifiesta tanto en la reducción de altura como en el rendimiento y sus componentes (El Sayed *et al.*, 2012, Panyapruerk *et al.*, 2017), aunque se presentan resultados variables a consecuencia de la concentración de CMe empleada, especie, genotipo y condiciones ambientales durante su desarrollo. Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de CMe en la detención de crecimiento de plantas de papa variedad Fianna y determinar el momento de aplicación óptimo en invernadero sin afectar componentes de rendimiento como peso fresco y número de minitubérculos > 20 mm.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

Los experimentos se realizaron de mayo a noviembre de 2018 en invernaderos del INIFAP en Zinacantepec, México a 19°17' 21" de latitud norte y 99° 42' 49" de longitud oeste, a 2640 msnm.

Material genético

Se emplearon minitubérculos de la variedad holandesa Fianna, de 18 a 20 mm de diámetro con un solo brote y libres de enfermedades. Fianna es la variedad más cultivada en México, con tubérculos de piel blanca, yemas superficiales, pulpa crema, forma oblonga y susceptible al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary).

Tratamientos, diseño y unidad experimental

Para los experimentos 1 y 2, cuyo propósito fue determinar la concentración donde había detención de la altura de las plantas de papa en invernadero, y al considerar que el CMe actúa de manera similar y es del mismo grupo de inhibidores que el cycocel (Grossmann 1992), del cual se requieren concentraciones superiores a 1600 mg L⁻¹ para la detención de crecimiento en plantas

de papa (Flores *et al.*, 2011), los tratamientos fueron generados con tres concentraciones de ingrediente activo de CMe: 1000, 1500 y 2000 mg L⁻¹ (T2, T3 y T4) y un testigo sin inhibidor (T1). El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; la unidad experimental consistió de 40 plantas, mismas que fueron asperjadas con 200 mL de solución del tratamiento correspondiente, mientras que el testigo fue asperjado solamente con agua. En los experimentos 1 y 2 los tratamientos fueron aplicados a los 35 días después de la emergencia, durante la etapa de tuberización, con el propósito de no afectar el rendimiento de tubérculos. Para el experimento 3 se empleó un testigo (T1) y las dosis de 1000, 1500 y 2000 mg L⁻¹ aplicadas a los 15, 20, 25 y 30 DDE (T2 a T13); en el experimento 4, con un diseño completamente al azar, se empleó un testigo (T1) y las dosis de 1500 y 2000 mg L⁻¹ de CMe, aplicadas a los 15, 20 y 30 DDE (T2 a T6). En los cuatro experimentos se hicieron de cuatro a seis aplicaciones de los tratamientos, distanciadas cada ocho días.

Manejo agronómico

Se depositó un tubérculo por maceta con capacidad de un 1.8 L de volumen de sustrato a 10 cm de profundidad y 45 plantas m⁻², las plantas se establecieron en una mezcla de turba y perlita grado hortícola en proporción 1:1 (v/v), y se empleó la solución nutritiva hidropónica concentrada 3x de 200 N, 80 P, 350 K, 100 Ca, 40 Mg, más microelementos, aplicada dos veces por semana. La temperatura media varió de acuerdo con la época del año y la radiación varió a lo largo del día de acuerdo con las condiciones ambientales.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas en los experimentos 1 y 2 fueron altura de planta (cm), peso fresco de tubérculos (g), peso seco de tubérculo (g), número total de minitubérculos y número de minitubérculos > 20 mm de diámetro, mientras que para los experimentos 3 y 4 se midió altura de planta (cm), peso fresco (g), número total de minitubérculos y tubérculos >20 mm.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) empleando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los experimentos 1 y 2, se observó la inhibición del crecimiento en plantas de papa tratadas con CMe, (Figura 1), con consistencia en los resultados. En

ambos experimentos, los tratamientos con 1500 y 2000 mg L⁻¹, mostraron menor altura de planta, con una diferencia estadística significativa y una reducción de altura de 12 y 23 % respectivamente en el primer experimento, mientras que en el segundo sólo se tuvo una reducción de 12 y 13.9 % respectivamente, no así para el tratamiento con 1000 mg L⁻¹, que en el primer experimento mostró una altura final estadísticamente igual al testigo, y en el segundo experimento presentó una reducción de 5.5% con respecto al testigo sin aplicación del inhibidor. Lo anterior concuerda con lo detectado en algunas otras investigaciones en papa con el uso de cycocel (Flores *et al.*, 2011) y ajo (El Sayed *et al.*, 2012), donde se presentó una reducción en la altura de las plantas tratadas; sin embargo, en papa no hay estudios al respecto, y los que se han realizado son estudios de más de 13 años y fueron enfocados a lograr un incremento en el rendimiento (Abdel-Fattah *et al.*, 2001; Devendra *et al.*, 1999; Kumar *et al.*, 2010).

Aunque la diferencia en altura entre el testigo y los tratamientos con CMe no fue amplia, sí se observó una tendencia a la disminución de altura conforme se incrementó la concentración de CMe; sin embargo, cuando se aplicaron las mismas concentraciones desde los 15 y 20 DDE se observó una mayor reducción de altura de las plantas tratadas con las concentraciones empleadas (Figura 2), donde se puede apreciar que con aplicaciones de 1000, 1500 y 2000 mg L⁻¹ a los 30 DDE la diferencia

de altura con respecto al testigo (78 cm) fue de 14.5, 14.4 y 12.1 % menos, lo que concuerda con los primeros dos experimentos; sin embargo, a los 25 DDE la diferencia fue mayor, 28.6, 38.5 y 44.8 % respectivamente, con alturas de 55.9 a 42.9 cm, mientras que para aplicaciones a 20 DDE fueron de 45 a 58 % y para aplicaciones a los 15 DDE de 60.0, 57.4 y 59.3 % con alturas de 39.3, 32.48 y 29.72 cm para 1000, 1500 y 2000 mg L⁻¹, respectivamente (Figura 2).

A un menor número de días después de la emergencia de iniciadas las aplicaciones con CMe se presentó mayor efecto en la detención de crecimiento, por lo que de no afectar el rendimiento puede usarse en etapas más tempranas.

Los resultados anteriores sugieren que es posible obtener una buena detención de crecimiento cuando se aplica CMe entre la cuarta y quinta semana de iniciado el ciclo de cultivo. En el cuarto experimento se observa la misma tendencia de detención de crecimiento cuando se inician las aplicaciones en plantas más jóvenes (Figura 3); en este caso, en plantas más jóvenes la detención de crecimiento fue mayor, y el mayor efecto se presentó en el tratamiento de 2000 mg L⁻¹ aplicado a los 15 DDE, con plantas del 49% de altura en relación con las plantas testigo. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en el experimento 3 y el uso de otros inhibidores del crecimiento como el paclobutrazol y uniconazol en papa, donde a

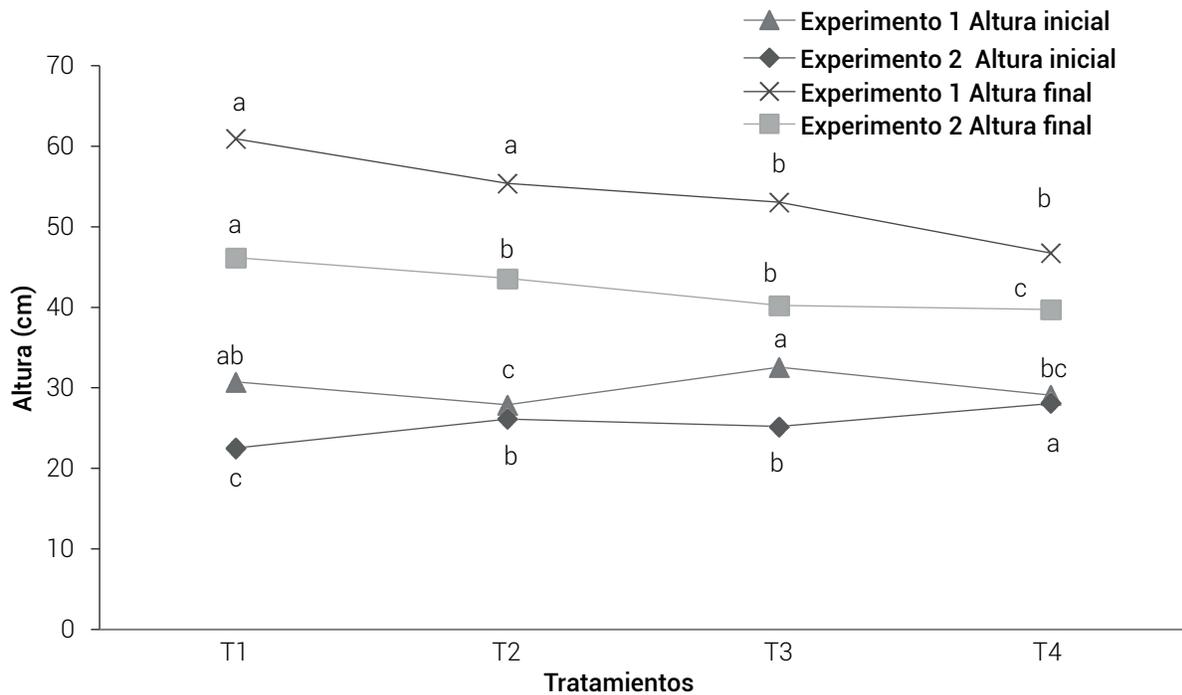


Figura 1. Altura inicial y final en plantas de papa var. Fianna tratadas con CMe en aspersión foliar a los 35 DDE. T1: 0, T2: 1000, T3: 1500, T4: 2000 mg L⁻¹. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05).

mayor concentración del inhibidor mayor es la detención de crecimiento (Flores *et al.*, 2011). No hay estudios en papa con CMe para la inhibición de crecimiento, pero se ha observado en otros cultivos como ajo que 250 y 500 mg L⁻¹ de CMe redujeron la altura de la planta (El Sayed *et al.*, 2012) y yuca (Panyapruet *et al.*, 2017).

No se detectaron diferencias negativas en peso fresco y seco de tubérculos por planta en los dos primeros experimentos, y sólo en el experimento 2 se observó una diferencia favorable en número de tubérculos totales y tubérculos mayores de 20 mm (Cuadro 1), importante para los fines del uso de CMe como inhibidor de crecimiento y el manejo del cultivo en invernadero, lo que coincide con lo mencionado por Flores *et al.* (2011) y Flores-López *et al.* (2016), quienes no encontraron efectos negativos en rendimiento evaluado con el uso de paclobutrazol; sin embargo, estos resultados difieren de lo detectado por otros autores que han observado un incremento en el rendimiento al aplicar CMe, aunque no se menciona un efecto en la altura de la planta (Abdel-Fattah *et al.*, 2001; Kumar *et al.*, 2010).

En contraste, en el experimento 3 (Cuadro 2) sí se detectaron diferencias significativas en peso fresco de tubérculo, teniendo mayor peso el testigo, con 202.12 g por planta que los tratamientos a los 15 DDE en las tres concentraciones empleadas y en la concentración de 2000

mg L⁻¹ de CMe de hasta el 100%, con 111.93 g, mientras que en relación con el total de minitubérculos y minitubérculos >20 mm no hubo diferencias entre tratamientos, aún con aquellos donde las aplicaciones se hicieron a los 15 DDE, lo que indica que posiblemente esta diferencia en peso fresco se deba más al contenido de sólidos en los tubérculos.

En el experimento 4 (Cuadro 3), el peso fresco de tubérculo no se vio afectado por el CMe, aun en las aplicaciones a plantas de 15 DDE; sin embargo, para número total de tubérculos sí se detectó diferencia significativa, hasta con 11.2 minitubérculos, 100 % más con 2000 mg L⁻¹ aplicado a los 30 DDE con respecto al testigo, no así para tubérculos >20 mm, donde no hubo diferencias significativas, estos resultados difieren de lo detectado por Tavares y Lucchesi (1999), Devendra *et al.* (1999), Ali y Al-Nagaa (2019) y Kumar *et al.* (2010), quienes encontraron un incremento en el rendimiento de papa bajo condiciones de campo haciendo aplicaciones de CMe de entre 100 y 500 mg L⁻¹, lo que posiblemente se deba a que en campo las condiciones ambientales y de densidad de siembra son totalmente diferentes a las condiciones en invernadero, donde se tienen ambientes más favorables para el cultivo y altas densidades que provocan la etiolación de las plantas; sin embargo, sí se observa una tendencia a aumentar el número de minitubérculos con un incremento en todos los tratamientos de hasta 2.2 tubérculos por planta en comparación con el testigo.

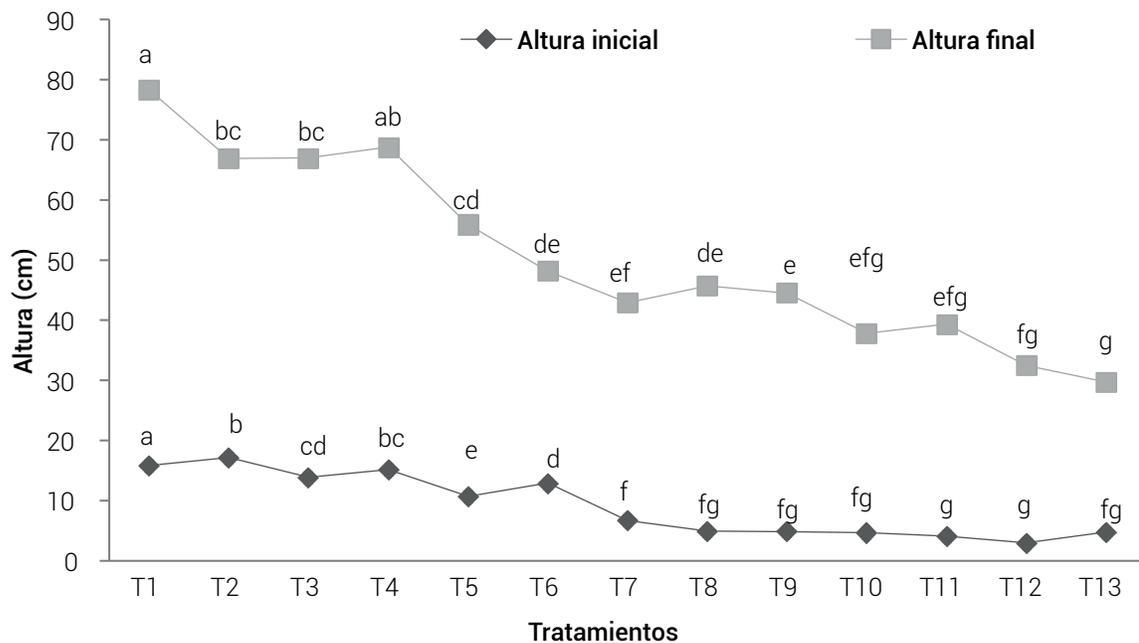


Figura 2. Altura inicial y final en plantas de papa variedad Fianna tratadas con CMe en aspersión foliar. T1: testigo, (T2: 1000 mg L⁻¹, T3: 1500 mg L⁻¹, T4: 2000 mg L⁻¹ a los 30 DDE), (T5: 1000 mg L⁻¹, T6: 1500 mg L⁻¹, T7: 2000 mg L⁻¹ a los 25 DDE), (T8: 1000 mg L⁻¹, T9: 1500 mg L⁻¹, T10: 2000 mg L⁻¹ a los 20 DDE) (T11: 1000 mg L⁻¹, T12: 1500 mg L⁻¹, T13: 2000 mg L⁻¹ a los 15 DDE). Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05).

CONCLUSIONES

Es viable emplear el CMe en papa bajo invernadero para un mejor manejo agronómico del cultivo, controlando la altura de las plantas, al realizar aplicaciones foliares de 1500 o 2000 mg L⁻¹ a partir de los 20 o 25 DDE, con ello se obtienen alturas de planta de 40 a 55 cm, que son manejables al interior del invernadero, y aunque el

peso fresco se ve afectado, al ser semilla pre-básica no es determinante el peso de los minitubérculos, sino el diámetro de los mismos. De acuerdo con lo detectado en esta investigación, aplicaciones de CMe al inicio del ciclo de cultivo (20 a 25 DDE) no afectan el rendimiento de manera negativa en número de minitubérculos >20 mm de diámetro.

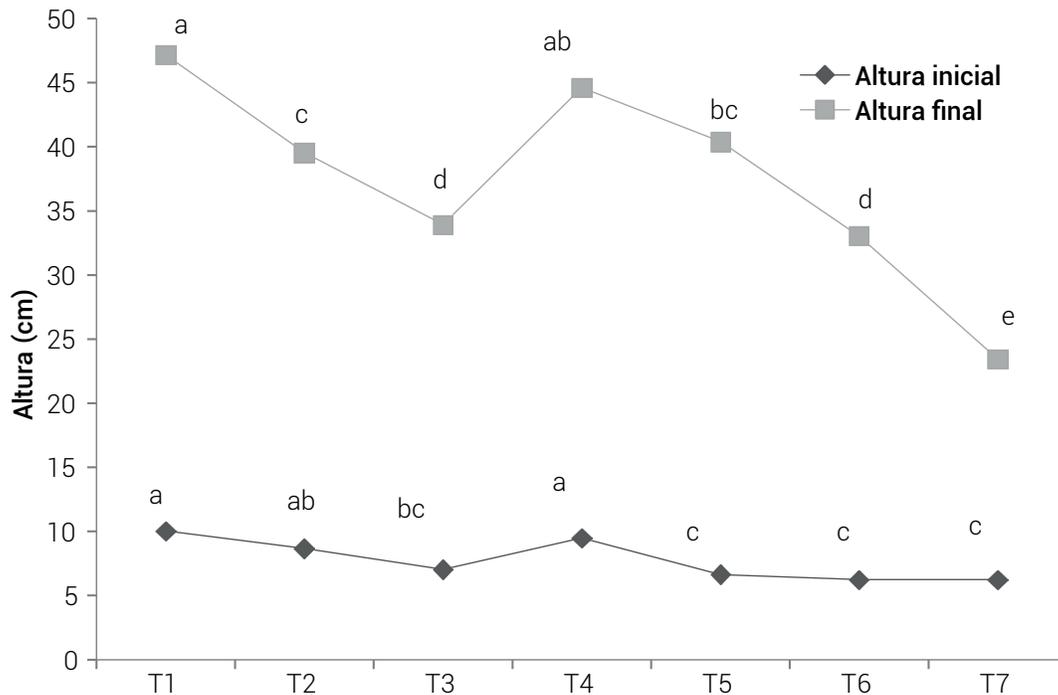


Figura 3. Altura inicial y final en plantas de papa variedad Fianna, tratadas con CMe en aspersión foliar. T1: testigo, T2: 1500 mg L⁻¹ 30 DDE, T3: 2000 mg L⁻¹ 30 DDE, T4: 1500 mg L⁻¹ 20 DDE, T5: 2000 mg L⁻¹ 20 DDE, T6: 1500mg L⁻¹ 15 DDE, T7: 2000 mg L⁻¹ 15 DDE. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05).

Cuadro 1. Peso fresco, número total de minitubérculos y minitubérculos > 20 mm en plantas tratadas con CMe en dos ciclos de cultivo, variedad Fianna, en invernadero.

Trat. (mg L ⁻¹)	Experimento 1 -2018				Experimento 2 -2018			
	Peso fresco tubérculo (g)	Número de tubérculos	Tubérculos >20 mm	Peso seco de tubérculos (g)	Peso fresco tubérculo (g)	Número de tubérculos	Tubérculos >20 mm	Peso seco de tubérculos (g)
0	145.12 a	3.73 a	3.20 a	33.07 a	103.45 a	3.13 b	3.00 b	23.80 a
1000	142.97 a	4.20 a	3.53 a	31.59 a	111.57 a	4.93 a	4.33 a	23.83 a
1500	145.49 a	3.33 a	3.07 a	34.43 a	109.90 a	3.67 ab	3.13 ab	24.03 a
2000	152.38 a	3.73 a	3.53 a	34.67 a	111.93 a	4.73 ab	4.13 a	24.09 a
CV (%)	7.22	38.35	37.50	13.11	14.74	41.01	37.51	18.47

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, P ≤ 0.05).

Cuadro 2. Peso fresco, número total de minitubérculos y minitubérculos >20 mm en plantas de papa variedad Fianna tratadas con cloruro de mepiquat en invernadero a los 15, 20, 25 y 30 DDE.

Tratamiento	Peso fresco de tubérculos (g)	Total de tubérculos	Tubérculos > 20 mm
T1: Testigo	202.12 a	6.20 a	4.60 a
T2: 1000 mg L ⁻¹ 30 DDE	159.76 ab	4.00 a	3.80 a
T3: 1500 mg L ⁻¹ 30 DDE	151.36 ab	4.60 a	3.60 a
T4: 2000 mg L ⁻¹ 30 DDE	146.08 ab	5.00 a	4.20 a
T5: 1000 mg L ⁻¹ 25 DDE	159.60 ab	4.20 a	4.00 a
T6: 1500 mg L ⁻¹ 25 DDE	160.40 ab	5.00 a	5.20 a
T7: 2000 mg L ⁻¹ 25 DDE	147.80 ab	4.80 a	3.40 a
T8: 1000 mg L ⁻¹ 20 DDE	155.00 ab	5.80 a	4.60 a
T9: 1500 mg L ⁻¹ 20 DDE	141.80 ab	4.60 a	4.00 a
T10: 2000 mg L ⁻¹ 20 DDE	129.60 b	5.00 a	3.80 a
T11: 1000 mg L ⁻¹ 15 DDE	122.40 b	5.40 a	3.80 a
T12: 1500 mg L ⁻¹ 15 DDE	110.20 b	6.40 a	4.40 a
T13: 2000 mg L ⁻¹ 15 DDE	107.20 b	7.00 a	3.60 a
CV (%)	19.18	26.51	32.37

Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 3. Peso fresco, número total de minitubérculos y minitubérculos >20 mm en plantas de papa variedad Fianna tratadas con CMe en invernadero a los 15, 20 y 30 DDE.

Tratamiento	Peso fresco de tubérculos (g)	Total de tubérculos	Tubérculos > 20 mm
T1: 0 mg L ⁻¹	97.00 a	5.60 b	3.80 a
T2: 1500 mg L ⁻¹ 30 DDE	105.0 a	6.20 ab	4.40 a
T3: 2000 mg L ⁻¹ 30 DDE	98.60 a	11.2 a	6.00 a
T4: 1500 mg L ⁻¹ 20 DDE	88.60 a	6.20 ab	4.00 a
T5: 2000 mg L ⁻¹ 20 DDE	95.60 a	6.20 ab	4.00 a
T6: 1500 mg L ⁻¹ 15 DDE	97.20 a	6.20 ab	5.00 a
T7: 2000 mg L ⁻¹ 15 DDE	103.4 a	7.80 ab	5.60 a
CV	16.92	35.08	27.81

Medias con letras iguales en cada familia no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Fattah A. E., A. H. A. El Morsy and A. S. Afaf (2001) Application effect of some nitrogen sources and mepiquat chloride (Pix) on plant growth, yield and accumulation of nitrate and nitrite in tuber roots of sweet potato. *In: The Fifth Arabian Horticulture Conference, March 24-28, 2001. Benha University. Ismailia, Egypt. pp:24-28.*
- Ali S. M. H. and A. Al-Nagaa (2019) Effect of mepiquat chloride and potassium sources on growth and yield of potato plants (*Solanum tuberosum* L.). *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences* 27:27-35, <https://doi.org/10.21608/ajs.2019.43064>
- Arias-García J. S. and M. Aristizábal-Loaiza (2021) Effects of paclobutrazol and mepiquat chloride on the growth and development of plantain Dominico Hartón (*Musa AAB*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 15:e11537, <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i1.11537>
- Baltazar B. O., J. L. Spinoso-Castillo, E. Mancilla-Álvarez, R. A. Muñoz-Márquez T. and J. J. Bello-Bello (2023) *In vitro* conservation and regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.): role of paclobutrazol and silver nanoparticles. *Horticulturae* 9:676, <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060676>
- Carrera E., S. D. Jackson and S. Prat (1999) Feedback control and diurnal regulation of gibberellin 20-oxidase transcript levels in potato. *Plant Physiology* 119:765-774, <https://doi.org/10.1104/pp.119.2.765>
- Devendra R., V. Ramachandra and M. V. Kumar (1999) Influence of mepiquat chloride on growth and tuber yield of potato (*Solanum*

- tuberosum* L.). *Pestology* 23:52-56.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo (2015) InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar> (Julio 2023).
- El Sayed H., A. El Sayed and A. H. A. El Morsy (2012) Response of productivity and storability of garlic (*Allium sativum* L.) to some potassium levels and foliar spray with mepiquat chloride (PIX). *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 2:298-305.
- Flores L. R., F. Sánchez C., J. E. Rodríguez P., R. Mora A., M. T. Colinas L. y H. Lozoya S. (2011) Paclobutrazol, uniconazol y cycocel en la producción de tubérculo-semilla de papa en cultivo hidropónico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17:173-182.
- Flores-López R., F. Sánchez-del Castillo, J. E. Rodríguez-Pérez, R. Mora-Aguilar, M. T. Colinas-León y H. Lozoya-Saldaña (2009) Influencia de la radiación solar en la producción de semilla-tubérculo de papa bajo cultivo sin suelo. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15:25-30.
- Flores-López R., R. Martínez-Gutiérrez, H. A. López-Delgado y M. Marín-Casimiro (2016) Aplicación periódica de bajas concentraciones de paclobutrazol y ácido salicílico en papa en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7:1143-1154, <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.238>
- Gahan H. y J. A. Zavala (1999) Importancia y manejo de los reguladores de crecimiento en el rendimiento del cultivo de algodón. *Revista de la Facultad de Agronomía* 19:267-274.
- Grossmann K. (1992) Plant growth retardants: their mode of action and benefit for physiological research. In: Progress in Plant Growth Regulation. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture, Vol 13. C. M. Karssen, L. C. van Loon and D. Vreugdenhil (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 788-797, https://doi.org/10.1007/978-94-011-2458-4_97
- Hannapel D. J., H. Chen, F. M. Rosin, A. K. Banerjee and J. P. Davies (2004) Molecular control of tuberization. *American Journal of Potato Research* 81:263-274, <https://doi.org/10.1007/BF02871768>
- Jafari M., S. Saadatmand, M. R. Zangi and A. R. Iranbakhsh (2018) Effect of pix (mepiquat chloride) on the salinity resistance of new cultivars of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in the seedling stage. *Applied Ecology and Environmental Research* 16:4097-4114, https://doi.org/10.15666/aeer/1604_40974114
- Jeyakumar P. and M. Thangaraj (1996) Effect of mepiquat chloride on certain physiological and yield characteristics of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 176:159-164, <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1996.tb00459.x>
- Koutroubas S. D. and C. A. Damalas (2020) Physiology and yield of confection sunflower under different application schemes of mepiquat chloride. *Agriculture* 10:15, <https://doi.org/10.3390/agriculture10010015>
- Kumar V., B. S. Vyakarnahal, N. Basavaraj and B. Meel (2010) Effect of growth retardants and methods of application on growth and yield of potato. *Indian Journal of Horticulture* 67:308-313.
- Menzel C. M. (1980) Tuberization in potato at high temperatures: responses to gibberellin and growth inhibitors. *Annals of Botany* 46:259-265, <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085916>
- Nolasco C. J. y A. Casas D. (2022) Dosis y momento de aplicación de cloruro de mepiquat en ají escabeche (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*). *Anales Científicos* 83:47-56, <https://doi.org/10.21704/ac.v83i1.1883>
- Panyapruerk S., W. Sinsiri, N. Sinsiri and P. Arimatsu (2017) Effects of paclobutrazol and mepiquat chloride on root yield and starch quality of cassava at different harvesting dates. *Khon Kaen Agriculture Journal* 45:165-172.
- Pavlista A. D. (2013) Influence of foliar-applied growth retardants on Russet Burbank potato tuber production. *American Journal of Potato Research* 90:395-401, <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9307-2>
- Reddy A. R., K. R. Reddy and H. F. Hodges (1996) Mepiquat chloride (PIX)-induced changes in photosynthesis and growth of cotton. *Plant Growth Regulation* 20:179-183, <https://doi.org/10.1007/BF00043305>
- Sánchez-López D. B., L. L. Luna-Castellano, S. M. Regino-Hernández y J. Cadena-Torres (2021) Inducción de la brotación en tubérculos de ñame (*Dioscorea rotundata* Poir) con la aplicación de reguladores de crecimiento. *Terra Latinoamericana* 39:e855, <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.855>
- Sharma N., N. Kaur and A. K. Gupta (1998) Effects of gibberellic acid and chlorocholine chloride on tuberisation and growth of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 78:466-470, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199812\)78:4<466::AID-JSFA140>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199812)78:4<466::AID-JSFA140>3.0.CO;2-1)
- Shoba N., S. Natarajan, M. Kannan and D. Veeraragavathatham (2004) Effect of cycocel and ethephon on tuber yield of sweet potato clones COCIP-1 and IGSP-9. *Journal of Root Crops* 30:65-69.
- Struik C. P. and G. S. Wiersema (1999) Seed Potato Technology. Wageningen Academic Publishers. Wageningen, The Netherlands. 382 p, <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-759-2>
- Tavares S. e A. A. Lucchesi (1999) Reguladores vegetais na batata cv. Monalisa, após a tuberação. *Scientia Agricola* 56:975-980, <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000400027>
- Tekalign T. and P. S. Hammes (2005) Growth and biomass production in potato grown in the hot topics as influenced by paclobutrazol. *Plant Growth Regulation* 45:37-46, <https://doi.org/10.1007/s10725-004-6443-1>
- Vreugdenhil D. and L. I. Sergeeva (1999) Gibberellins and tuberization in potato. *Potato Research* 42:471-481, <https://doi.org/10.1007/BF02358163>
- Zhao W., Q. Yan, H. Yang, X. Yang, L. Wang, B. Chen, ... and Z. Zhou (2019) Effects of mepiquat chloride on yield and main properties of cottonseed under different plant densities. *Journal of Cotton Research* 2:10, <https://doi.org/10.1186/s42397-019-0026-1>