

## Evaluación de soluciones nutritivas hidropónicas en genotipos de papa en invernadero

Román Flores-López<sup>1,§</sup>

Francisco Xavier Flores-Gutiérrez<sup>2</sup>

Martha Elena Mora-Herrera<sup>3</sup>

Omar Franco-Mora<sup>2</sup>

Erasto Sotelo-Ruiz<sup>1</sup>

Humberto A. López-Delgado<sup>1</sup>

1 Sitio Experimental Metepec-INIFAP. Carretera Toluca-Zitácuaro km 4.5, Vialidad Adolfo López Mateos, Col. San José Barbabosa, Zinacantepec, Estado de México. CP. 51350. Tel. 55 38718700, ext. 85638. (sotelo.erasto@inifap.gob.mx).

2 Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México-Campus Universitario 'El Cerrillo'. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. CP. 50200. Tel. 722 4069275. (fxfloresg@uaemex.mx; ofrancom@uaemex.mx).

3 Campus Universitario-Centro Universitario Tenancingo-Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Tenancingo-Villa Guerrero km 1.5, Santana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México. CP. 52400. Tel. 714 1407724. (marthaelenam@gmail.com).

Autor para correspondencia: flores.roman@inifap.gob.mx.

### Resumen

Altas densidades de cultivo de papa en invernadero, genotipo y condiciones ambientales afectan la productividad del mismo y un factor que influye positivamente es el aporte nutricional. El objetivo de esta investigación fue determinar la solución nutritiva óptima para la producción de minitubérculos en 12 genotipos de papa, 11 generados por INIFAP y la variedad holandesa Fianna. Se formularon las soluciones nutritivas N-P-K-Ca ( $\text{mg L}^{-1}$ ), a) 200-80-300-100, b) 200-80-350-100, c) 200-80-450-100 y como testigo 160-60-250-150, adicionadas con micronutrientes, en otoño-invierno 2015 y primavera-verano 2016. Perlita como sustrato y bloques completos al azar. El ciclo otoño-invierno fue más productivo que primavera-verano. Las plantas más altas fueron de Granate, Milagros y Modesta. Todos los genotipos superaron el índice de área foliar de seis a 80 días de cultivo y el índice SPAD fue diferente entre ellos. Citlali, Granate y Nau, mostraron mayor índice de cosecha, 0.79, 0.78 y 0.77, respectivamente. Mientras que, en el resto de variedades fue menor de 0.7. Las variedades con mayor número de tubérculos por planta fueron Real 14 y 99-39 con 29.3. Mientras los genotipos con mayor peso fresco de tubérculo por planta fueron 99-39, Nau, Bajío y Fianna con 379.3, 349.7, 349.3 y 333.7 g, respectivamente. La producción de minitubérculos >15 mm, fue mayor en otoño-invierno y la solución 200-80-450-100 produjo más tubérculos por planta. Los tratamientos con 350 y 450  $\text{mg L}^{-1}$  de potasio promovieron mayor número de tubérculos en 10 de los 12 genotipos evaluados.

### Palabras clave:

*Solanum tuberosum*, hidroponía, invernadero, minitubérculos.

## Introducción

En los cultivos hidropónicos la eficiencia y productividad depende de la disponibilidad constante de nutrientes, pH y conductividad eléctrica de la solución (Chang *et al.*, 2008). Las soluciones nutritivas usadas para el cultivo de papa en hidroponía contienen macro y micronutrientes: N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, B, Cu y Mo (Lommen, 2007; Coraspe *et al.*, 2008).

Por otro lado, Corrêa *et al.* (2008) y Tierno *et al.* (2014), encontraron que la respuesta varietal al suministro de diferentes soluciones nutritivas es específica, mientras Zheng *et al.* (2018), mencionan la influencia del radio C:N. La nutrición en sistema hidropónico muestra diferencias debido a efectos del genotipo, ambiente y la interacción genético ambiental (Corrêa *et al.*, 2008; Tierno *et al.*, 2014). Chang *et al.* (2011), encontraron que plantas desarrolladas con valores de conductividad eléctrica (CE) bajos mostraron inhibición en el crecimiento de tallo, estolón y formación más temprana de tubérculo, comparadas con aquellas que tuvieron mayores valores de CE donde se observaron tubérculos de 5 a 6 días más tarde.

La deficiencia de potasio y magnesio decrece el contenido de almidón y azúcares en el tubérculo (Koch *et al.*, 2019). Flores *et al.* (2016) mencionan cantidades superiores a 200 mg L<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo de 60 a 80 y potasio de 350 a 400 mg L<sup>-1</sup> en la variedad Nevada y Flores *et al.* (2018) determinaron en el clon 99-39 la dosis óptima de K de 400 mg L<sup>-1</sup>. De acuerdo con lo anterior, se formularon tres soluciones nutritivas y se empleó una como testigo (Flores *et al.*, 2009), se redujo el nivel de calcio a 150 mg L<sup>-1</sup>, con el propósito de determinar la productividad de 12 genotipos de papa, 11 de ellos mexicanos, generados por el INIFAP y la variedad holandesa Fianna, como testigo en los ciclos de primavera-verano y otoño-invierno.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos ciclos de cultivo: ciclo 1 otoño-invierno, del 21 de septiembre al 18 de diciembre de 2015 y el ciclo 2 primavera-verano, del 31 de marzo al 4 de julio de 2016. Se utilizó un invernadero perteneciente al Programa de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y ubicado a 2 726 msnm, 19° 17' 28" latitud norte y 99° 42' 51" longitud oeste (Servicio Meteorológico Nacional, 2017).

El sustrato fue perlita grado hortícola, macetas de 1.8 L y sistema de goteo, 36 plantas m<sup>-2</sup> con 10 riegos por día, además, se realizó el control preventivo de plagas y enfermedades con fungicidas e insecticidas. Los genotipos de papa fueron 11 cultivares mexicanos generados por INIFAP: Bajío, Citlali, Milagros, Modesta, Real 14, Cristal, Granate, Sierras, Nevada, Nau y el clon 99-39, todos con resistencia al tizón tardío de la papa o tolerancia al pardeamiento interno de tubérculo o zebra chip, como testigo comercial (t) se empleó la variedad holandesa Fianna, susceptible a tizón tardío y al manchado interno del tubérculo.

Los tubérculos de diámetro entre 15 y 18 mm, se sembraron a 10 cm de profundidad, con un solo brote, fueron desinfectados al momento de la siembra con fungicidas y bactericidas. Las soluciones nutritivas evaluadas en mg L<sup>-1</sup>, (N-P-K-Ca), fueron: 1) 200-80-30-100; 2) 200-80-350-100; 3) 200-80-450-100; y como testigo 4) 160-60-250-150 (Flores *et al.*, 2009); en todas las soluciones se agregaron microelementos (Flores *et al.*, 2018).

La temperatura del invernadero se registró con un termómetro Data logger Hanna modelo HIH41CH CE IP67®, en el ciclo otoño-invierno 2015, la temperatura media de 14.3 °C, máxima de 32 °C y mínima de -2 °C y en primavera-verano 2016, la temperatura media fue de 22 °C, máxima de 40 °C y mínima de 10 °C. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones (anidadas en las soluciones nutritivas), como una serie de experimentos (Martínez, 1988).

Se probó la significancia entre ciclos, soluciones y genotipos, y la interacción entre ellos. Cuando el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas, se aplicó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ) con el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

Las variables fueron: altura de planta (cm), índice de área foliar (IAF), índice de verdor (valores SPAD). En el momento de la cosecha se evaluó el número, peso fresco y diámetro de tubérculos, peso seco de tubérculos y de planta.

## Resultados y discusión

Las plantas de mayor altura final correspondieron a las variedades Granate, Milagros y Modesta. Todas las variedades presentaron IAF superior a tres a los 40 dds de cultivo y a los 80 dds ya superaban lecturas de seis, las variedades Sierras, Modesta y Nevada registraron IAF superior a 7.5. Los valores SPAD mostraron diferencias, aunque probablemente se debieron a las características fenotípicas de los cultivares y no a las dosis de fertilización o al ciclo del cultivo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Valores promedio de dos ciclos de cultivo, de altura de planta, índice de área foliar e índice de verdor (SPAD) en 12 genotipos de papa, en sistema hidropónico en invernadero.**

Genotipo	Altura de planta (cm)		Índice de área foliar		Valores SPAD	
	40 dds	80 dds	40 dds	80 dds	40 dds	80 dds
Bajío	30 g	97.3 cd	3 f	6.61 cde	50.05 ab	44.52 b
Citlali	26 h	98.4 bcd	3.25 cdef	6.77 cd	49.18 abc	42.36 c
Cristal	33.1 fg	93.7 d	3.03 ef	6.4 e	47.83 bcd	44.73 b
Fianna	34.3 ef	91.1 d	3.1 def	6.53 de	48.36 abc	46.08 b
Granate	39.2 cd	109.3 a	3.41 abc	7.43 b	50.7 a	45.39 b
Milagros	40.7 bc	104.9 ab	3.45 abc	7.59 ab	48.65 abc	46.09 ab
Modesta	44.3 a	104.4 abc	3.54 a	7.81 a	49.42 ab	45.73 b
Nau	38.7 cd	91.8 d	3.27 bcde	6.34 e	44.87 e	46.3 ab
Sierras	37.1 de	93.8 d	3.54 a	7.85 a	45.5 de	44.34 bc
Nevada	32.4 fg	95.9 d	3.33 abcd	7.58 ab	47.89 bc	45.39 b
Real 14	42.9 ab	93.2 d	3.52 ab	6.82 c	48.31 bc	48.21 a
99-39	30.4 g	98.1 bcd	3.52 ab	7.45 b	47.05 cde	46.13 ab

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey.

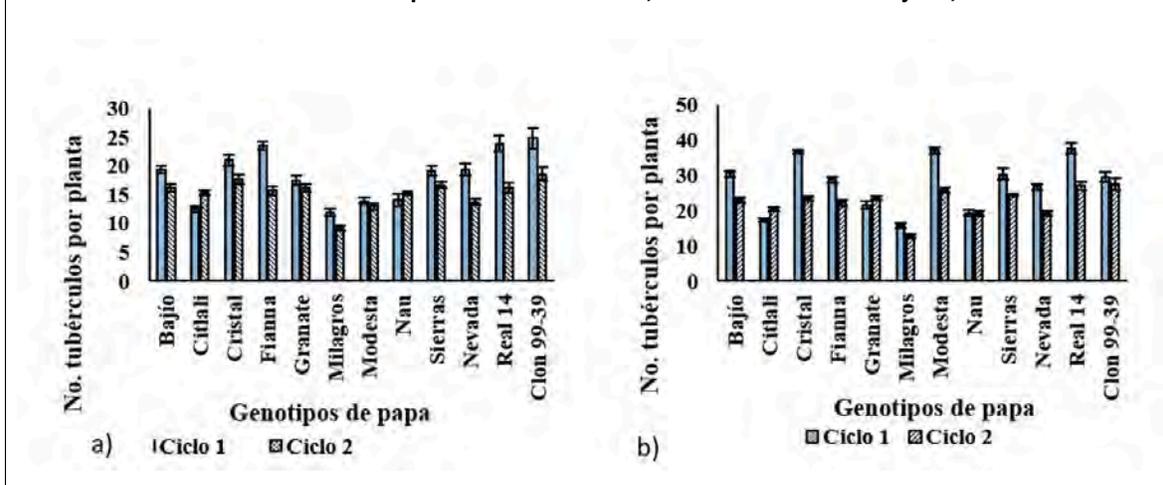
La producción de minitubérculos de diámetro #15 mm, fue mejor en el ciclo otoño-invierno, que en primavera-verano, lo que se relaciona con las temperaturas medias registradas en cada ciclo, en otoño-invierno la temperatura promedio fue de 14.3 °C, mientras que en el ciclo primavera-verano la temperatura promedio fue de 22 °C.

La variedad Citlali se comportó de manera inversa con mayor producción en primavera-verano probablemente a que se adapta mejor a alturas menores de 3 200 msnm y presenta menores rendimientos en climas fríos (Rubio *et al.*, 2017). La producción promedio de minitubérculos en ambos ciclos por planta fue superior para las variedades Real 14, Modesta y Cristal con 32, 31 y 30 tubérculos respectivamente.

El clon 99-39 fue igual a Cristal, con 28 minitubérculos promedio por planta. Asimismo, es notable la mayor producción tubérculos en el ciclo de otoño-invierno, tanto para tubérculos totales como para >15 mm de diámetro (Figura 1). Los resultados obtenidos para esta variable indican que las diferencias encontradas en los dos ciclos de producción probablemente se deben a la respuesta varietal; hecho que coincide con lo reportado por Corrêa *et al.* (2008); Tierno *et al.* (2014).



Figura 1. Producción de tubérculos  $\geq 15$  mm de diámetro por planta (a) y tubérculos totales (b) en dos ciclos de cultivo, para doce genotipos de papa, en hidroponía e invernadero. Promedio  $\pm$  error estándar de la media. Ciclo 1: septiembre a diciembre, 2015; ciclo 2: marzo a julio, 2016.

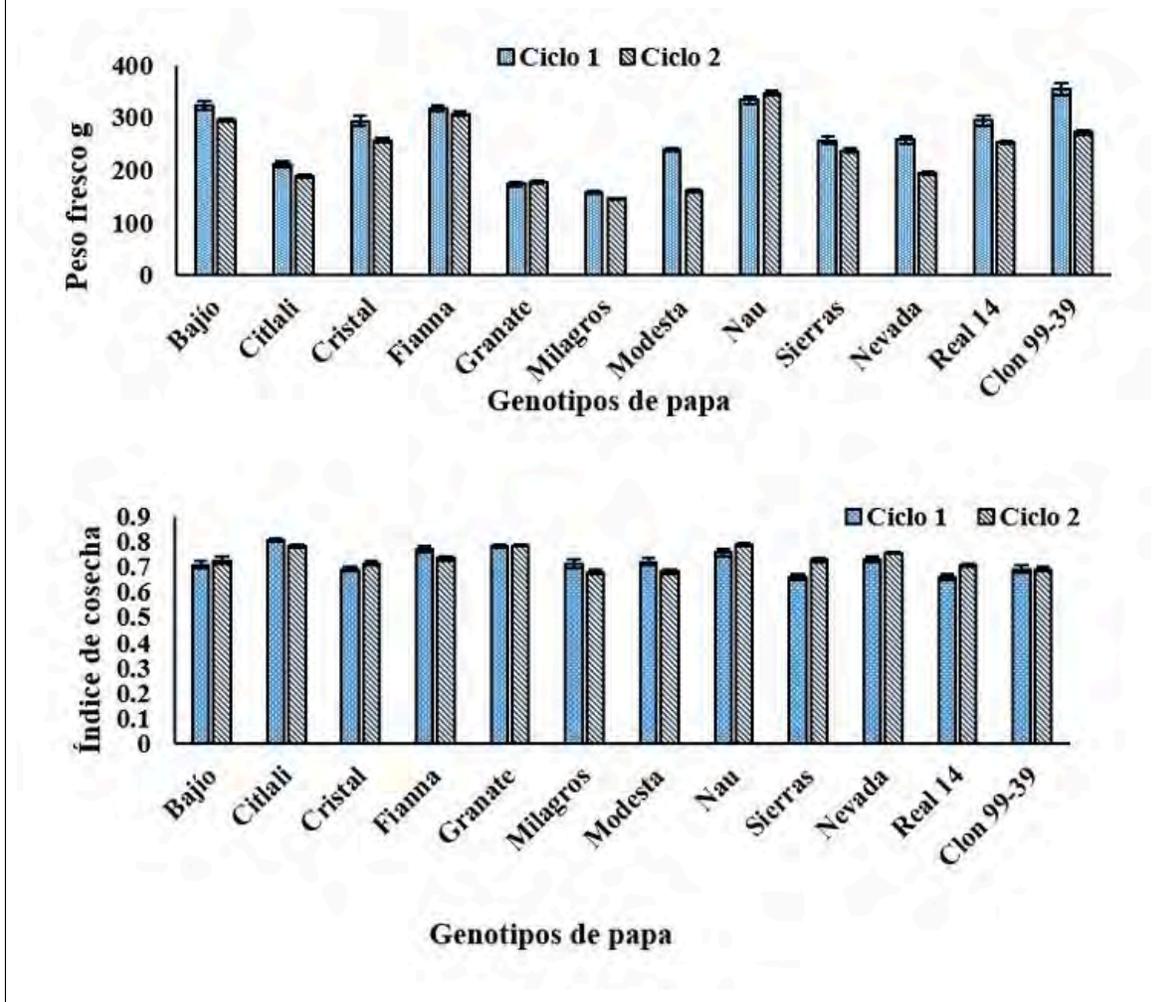


Las variedades tardías e intermedias produjeron mayor cantidad de tubérculos pequeños (Modesta, 18; Real 14 con 13 y Cristal, Sierras y Bajío, con 10, 9 y 9).

El mayor peso fresco de tubérculos registrado, durante los dos ciclos evaluados fue con la variedad Nau con 340 g promedio por planta. Los genotipos 99-39, Fianna y Bajío mostraron rendimientos estadísticamente iguales, con 314, 313 y 309 g planta<sup>-1</sup>. Milagros presentó el menor rendimiento por planta, con 151 g, al considerar el ciclo tardío de este genotipo. Todos los genotipos mostraron respuestas similares en ambos ciclos de producción (Figura 2), ya que presentan diferente potencial de rendimiento cada uno de los genotipos en estudio y en la interacción genotipo x ciclo, como lo señalan Corrêa *et al.* (2008); Tierno *et al.* (2014).



Figura 2. Peso fresco de tubérculos por planta (a) e índice de cosecha y (b) para 12 genotipos de papa, en dos ciclos de cultivo, en hidroponía e invernadero. Promedio  $\pm$  error estándar de la media. Ciclo 1: septiembre a diciembre, 2015; ciclo 2: marzo a julio, 2016.

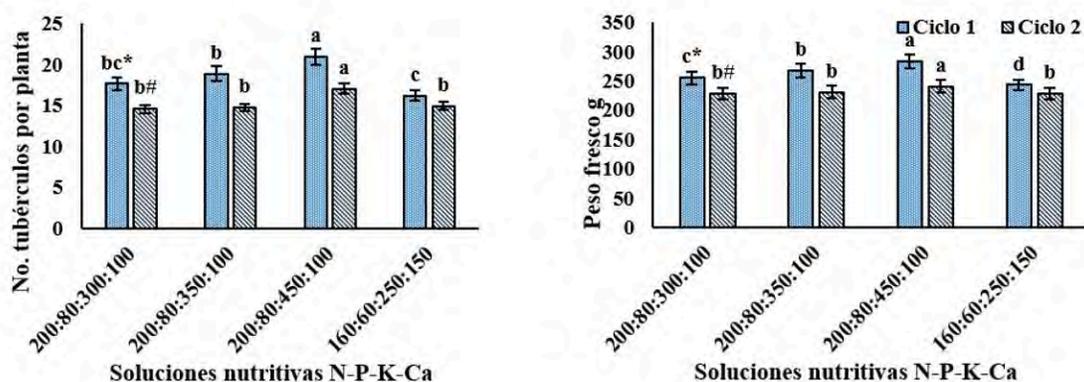


Las variedades Citlali, Granate y Nau, mostraron el mayor índice de cosecha con 0.79, 0.78 y 0.77, respectivamente; es decir, el peso seco de sus tubérculos aporta 77% o más del peso seco total de la planta. Lo anterior, acorde al ciclo más precoz y que en el periodo de 80 días estaban más próximos al termino del ciclo de cultivo. Los cultivares con menor índice de cosecha, durante los dos ciclos fueron Real 14 (0.68), 99-39 (0.69) y Sierras (0.69) que son genotipos más tardíos (Figura 2).

En general en seis genotipos se tuvo un mayor índice de cosecha en la temporada primavera-verano que en otoño-invierno, lo que no concuerda con lo señalado por Beukema y Van der Zaag (1990), quienes indican mayor acumulación de biomasa en los tubérculos en temporadas frías, lo que ocurrió solo en cuatro de los genotipos, Citlali, Fianna, Milagros y Modesta, en estudio (Figura 2).

La respuesta en el rendimiento de peso fresco de tubérculos por planta mostró resultados similares al obtenido en el número de tubérculos. En general, el mayor peso fresco se obtuvo con la solución de  $450 \text{ mg L}^{-1}$  de potasio, con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos (Figura 3). Lo anterior, dado que la mayor disponibilidad de este elemento que está involucrado en la velocidad de apertura y cierre de estomas; así como, en la fotosíntesis, lo cual afecta la tasa fotosintética y producción de asimilados, además del transporte de azúcares de la fuente al órgano de demanda y la activación de varias enzimas involucradas en el metabolismo general de la planta.

Figura 3. Respuesta en número de minitubérculos >15 mm y peso fresco de 12 genotipos de papa con cuatro soluciones nutritivas, en dos ciclos de cultivo en invernadero. \*#= promedios con la misma letra no difieren estadísticamente  $p < 0.05$ , de acuerdo con la prueba de Tukey. Ciclo 1: septiembre a diciembre, 2015; ciclo 2: marzo a julio, 2016.



La interacción ciclo x solución x genotipo resultó altamente significativa. Las soluciones nutritivas evaluadas en el ciclo otoño-invierno, promovieron la producción de minitubérculos de forma estadísticamente igual en siete de los doce genotipos. Sin embargo, Nau, Sierras, Nevada, Real 14 y del clon 99-39 si presentaron diferencias estadísticas con respecto al testigo y dentro de las soluciones estudiadas (Cuadro 2), en donde Nau presentó mayor rendimiento en número de tubérculos en la solución testigo con menor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, lo que puede deberse a que es una característica varietal.

Cuadro 2. Productividad de 12 genotipos mexicanos de papa en dos ciclos de cultivo, ciclo 01 septiembre a diciembre, 2015 y ciclo 02 marzo a julio, 2016 con cuatro soluciones nutritivas. Interacción genotipo/solución. Número de tubérculos  $\geq 15$  mm de diámetro, promedio por planta.

Genotipo	Ciclo 1: soluciones (N-P-K-Ca)				Ciclo 2: soluciones (N-P-K-Ca)			
	1	2	3	4 (t)	1	2	3	4 (t)
Bajío	20 a*	18.3 a	21.3 a	17.6 a	16.3 a	16.3 a	17.3 a	14.6 a
Citali	12.6 a	12 a	13.3 a	12 a	15.6 a	14.3 a	16 a	15.3 a
Cristal	21.3 a	24.3 a	21.3 a	17 a	15.6 a	16.6 a	21.6 a	17 a
Fianna	21 a	24 a	26 a	23 a	13 a	16 a	18 a	15.6 a
Granate	16.6 a	16 a	22 a	15 a	16.3 a	15.6 a	18 a	15 a
Milagros	9.6 a	13.6 a	13.3 a	11 a	7.3 a	10 a	10.6 a	8.6 a
Modesta	14 a	13.6 a	15.3 a	12.6 a	12 a	13.3 a	13 a	13.6 a
Nau	11 b	11.3 b	15.3 ab	18.6 a	15 a	14 a	15.6 a	16.3 a
Sierras	19.3 a	21.3 a	20.6 a	15.3 b	17 a	16.6 a	18 a	15 a
Nevada	19 ab	19.6 ab	24 a	15 b	13.3 a	13.6 a	15 a	13 a
Real 14	23.3 bc	26 ab	29.3 a	17 c	17 a	14.6 a	17.3 a	15.6 a
99-39	23.7 b	26 ab	29.3 a	20.3 c	16 bc	15.3 bc	24 a	19 ab

Solución 1= 200-80-300-100; solución 2= 200-80-350-100; solución 3= 200-80-450-100; testigo= 160-60-250-150; \*#= promedios con la misma letra, dentro del mismo ciclo de cultivo, no difieren estadísticamente  $p < 0.05$ , de acuerdo con la prueba de Tukey. Aplica para los valores de cada genotipo, no entre genotipos.

En el ciclo otoño-invierno, las soluciones con dosis de 350 y 450 mg L<sup>-1</sup> de potasio promovieron mayor número de tubérculos >15 mm en los genotipos Real 14, Sierras, Nevada y el clon 99-39 con

diferencias significativas respecto al testigo, mientras los genotipos Bajío, Citlali, Cristal, Fianna, Granate, Milagros y Modesta, sin diferencia estadística significativa entre las soluciones, observan un incremento de tubérculos en las soluciones formuladas con mayor contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

Lo anterior confirma que el factor genotipo influye fuertemente en la productividad en invernadero al igual que en campo. Concuera con lo reportado en trabajos similares (Chang *et al.*, 2008). Concentraciones de 350 y 450 mg L<sup>-1</sup> de potasio produjeron en otoño-invierno más tubérculos que en primavera-verano en 10 de los 12 genotipos evaluados, lo que concuerda con lo indicado por Flores *et al.* (2016 y 2018); Morales *et al.* (2016). Mientras Citlali y Nau presentaron mayor número de tubérculos en primavera-verano.

Asimismo, en este ciclo de primavera, sólo el clon 99-39 presentó diferencia estadística entre soluciones con 24 tubérculos por planta en la solución tres (200, 80, 450, 100), mientras en el resto de los genotipos no hubo diferencia estadística, aunque existe una tendencia de mayor número de tubérculos en el tratamiento 3, con respecto al testigo (Cuadro 2).

En general, en la solución con 450 mg L<sup>-1</sup> de potasio en 11 de los 12 genotipos evaluados produjeron de 1 y hasta 4 tubérculos más por planta, con respecto al testigo, lo que es importante señalar, ya que si son tubérculos mayores de 15 mm de diámetro son útiles para llevar a campo y si son menores de este diámetro se pueden utilizar como material de reproducción dentro del invernadero para la producción de semilla pre básica II.

En otoño-invierno las variedades Bajío, Nau, Sierras, Nevada, Real 14 y el clon 99-39 presentaron, estadísticamente, mayor peso de tubérculos con el uso de la solución con 450 mg L<sup>-1</sup> de potasio, respecto a la solución testigo; no obstante, que la variedad Nau produjo mayor número de tubérculos por planta en este ciclo con la dosis nutritiva testigo (Cuadro 2), presentó mayor peso de tubérculos con las soluciones dos y tres (Cuadro 3). Para el resto de los genotipos (Citlali, Cristal, Fianna, Granate, Milagros y Modesta) resultó indistinta la dosis nutritiva que se suplementó, por lo que podría resultar mejor, en estas variedades, en el ciclo otoño-invierno, el empleo de la solución testigo si solo se considera el peso fresco, no así si se considera el número de tubérculos.

**Cuadro 3. Peso fresco de tubérculos (g) por planta en doce genotipos mexicanos de papa en el ciclo 01 de septiembre a diciembre 2015, ciclo 02 marzo a julio 2016, con cuatro soluciones nutritivas. Interacción genotipo x solución. Peso de tubérculos ≥15 mm de diámetro, promedio por planta.**

Genotipo	Ciclo 1				Ciclo 2			
	1	2	3	4 (t)	1	2	3	4(t)
Bajío	304.3 b*	325.7 ab	349.3 a	291.7 b	278.3 a*	288 a	304.7 a	288.3 a
Citlali	185.3 a	204.3 a	217 a	224.3 a	183.3 a	181.7 a	195 a	184.3 a
Cristal	289 a	290.3 a	316.3 a	234 a	242.7 b	253 ab	274 a	241.7 b
Fianna (t)	297 a	314.7 a	333.7 a	312.7 a	311.3 ab	293.7 ab	317.3 a	282.3 b
Granate	164.3 a	174.7 a	164.3 a	185.3 a	169.7 a	166.3 a	178.7 a	178 a
Milagros	148.7 a	159.7 a	163.7 a	144 a	138.7 a	144.4 a	146 a	147 a
Modesta	233.3 a	234 a	233 a	219 a	156.7 a	148.7 a	154.7 a	145 a
Nau	217.7 c	343.7 a	349.7 a	293.3 b	335 a	354.7 a	331 a	359 a
Sierras	241 ab	247.3 ab	279.3 a	227.7 b	225 a	241.3 a	243.7 a	222 a
Nevada	264.7 ab	238 b	278.7 a	225 b	180.3 a	191.3 a	204.7 a	186.3 a
Real 14	251 c	311.3 b	324.7 a	260 c	245.3 a	249 a	256.7 a	241 a
99-39	365 a	364.3 a	379.3 a	297.3 b	271.3 a	255.7 a	282 a	257.3 a

\*= promedios con la misma letra no difieren estadísticamente  $p < 0.05$ , de acuerdo con la prueba de Tukey. Aplica para los valores de cada genotipo, no entre genotipos y en cada estación por separado.

En un esquema de multiplicación de tubérculo-semilla de papa, lo más importante es la cantidad de minitubérculos con potencial para ser empleados en campo. Estos resultados muestran que no todos los genotipos responden de igual manera a la nutrición con nitrógeno, fósforo y potasio y que la respuesta podría ser varietal como lo observaron otros autores (Chang *et al.*, 2011; Tierno *et al.*, 2014)

Mientras en primavera-verano, se observa que las dosis con 350 y 450 mg L<sup>-1</sup> de potasio promovieron mayor peso en los tubérculos de las variedades Cristal y Fianna y para ambas, la nutrición con la solución testigo resultó la de menor peso de tubérculos por planta. En el resto de las variedades no se detectaron diferencias entre las soluciones evaluadas. Posiblemente debido a las temperaturas de hasta 40 °C durante el día en el ciclo de primavera verano, contrario a temperaturas óptimas para el cultivo de 10 a 25 °C (Rubio *et al.*, 2000).

## Conclusiones

Se confirmó, la respuesta diferencial del cultivo de papa en invernadero en diferentes ciclos de cultivo (primavera-verano y otoño-invierno). El genotipo influye fuertemente en la productividad del cultivo en invernadero, existiendo genotipos, más eficientes con mayor índice de cosecha en ambos ciclos de cultivo.

Existen variedades que requieren menos aporte de nutrimentos, como la variedad Nau. Concentraciones mayores de nitrógeno, fósforo y potasio (200-80-350) en cultivo hidropónico en perlita registraron rendimientos superiores en número y peso de tubérculos.

## Bibliografía

- 1 Chang, D. C.; Choo, I. C.; Suh, J. T.; Kim, S. J. and Lee, Y. B. 2011. Growth and yield response of three aeroponically grown potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to different electrical conductivities of nutrient solution. American Journal of Potato Research. 5(85):450-458. Doi: 10.1007/s12230-008-9024-4.
- 2 Chang, D. C.; Park, C. S.; Kim, S. Y.; Kim, S. J. and Lee, Y. B. 2008. Physiological growth responses by nutrient interruption in aeroponically grown potatoes. American Journal of Potato Research. 5(85):315-323. Doi.org/ 10.1007/s12230-008-9024-4.
- 3 Coraspe, H. M.; Muraoka, T.; Franzini, V. I. y Do-Prado, G. N. 2008. Nitrógeno y potasio en solución nutritiva para la producción de tubérculos-semilla de papa. Agronomía Tropical. 4(58):417-425. <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0002192X2008000400011&lng=es&tlng=es>.
- 4 Corrêa, R. M.; Pinto, J. E. B. P.; Pinto, C. A. B. P.; Faquin, V.; Reis, E. S.; Monteiro, A. B. and Dyer, W. E. 2008. A comparison of potato seed tuber yields in beds, pots and hydroponic systems. Scientia Horticulturae. 1(116):17-20. Doi.org/ 10.1016/j.scienta.2007.10.031.
- 5 Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L. A; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2015. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 102-111 pp. <https://www.researchgate.net/publication/233842986-InfoStat-Version-2011>.
- 6 Flores, G. F. X.; Flores, L. R.; Mora, H. M. E. y Franco, M. O. 2018. Respuesta del clon mexicano de papa 99-39 a potasio en hidroponía e invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(9):1123-1135. Doi.org/ 10.29312/remexca.v9i6.1578.
- 7 Flores, L. R.; Sánchez, C. F.; Rodríguez, P. J. R. Colinas, L. M. T; Mora, A. R. y Lozoya, S. H. 2009. Densidad de población en cultivo hidropónico para la producción de tubérculo-semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Chapingo. Serie Horticultura. 3(15):251-258. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S1027152X2009000500005&lng=es&tlng=es>.
- 8 Flores, L. R.; Sotelo, R. E.; Rubio, C. O.; Alvarez, G. A. y Marín, C. M. 2016. Niveles de NPK para la producción de minitubérculos de papa en invernadero en el Valle de Toluca.

- Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5(7):1131-1142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146723013>.
- 9 Koch, M.; Busse, M.; Naumann, M.; Jákli, B.; Smit, I.; Cakmak, I. and Pawelzik, E. 2019. Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. *Physiologia Plantarum*. 166(4):921-935. Doi.org/ 10.1111/ppl.12846.
  - 10 Lommen, W. J. M. 2007. The canon of potato science: 27. Hydroponics, potato research. 3(50):315-318. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11540-008-9053-x>.
  - 11 Martínez, G. A. 1996. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Editorial Trillas. México, DF. 756 p.
  - 12 Morales, F. S. D.; Mora, A. R.; Salinas, M. Y.; Rodríguez, P. J. E. L. S. H. y Colinas L. M. T. 2018. Growth and sugar content of potato tubers in four maturity stages under greenhouse conditions. Crecimiento y contenido de azúcares de tubérculo de papa en cuatro estados de madurez en condiciones de invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 1(24):53-67. Doi.org/ <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.029>.
  - 13 Rubio, C. O. A. 2000. Manual para la producción de papa en las sierras valles altos del centro de México. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR). Campo Experimental Valle de Toluca-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Zinacantepec, Estado de México. Libro técnico núm. 1. 72 p.
  - 14 Rubio, C. O. A. 2017. Citlali, Variedad de papatolerante a punta morada. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGAR). Sitio Experimental Metepec-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Zinacantepec, Estado de México. Folleto técnico núm. 3. 28 p.
  - 15 Servicio Meteorológico Nacional. 2017. Comisión Nacional del Agua. Observatorio meteorológico 76675. Centro de Previsión Meteorológica Toluca. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
  - 16 Tierno, R.; Carrasco, A.; Ritter, E. and Ruiz, C. J. I. 2014. Differential growth response and minituber production of three potato cultivars under aeroponics and greenhouse bed culture. *American Journal of Potato Research*. 91(4):346-353. <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9354-8>.
  - 17 Zheng, H.; Wang, Y.; Zhao, J.; Shi, X.; Ma, Z. and Fan, M. 2018. Tuber formation as influenced by the C:N ratio in potato plants. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 5(181):686-693. Doi.org/ 10.1002/jpln.201700571.



## Evaluación de soluciones nutritivas hidropónicas en genotipos de papa en invernadero

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 March 2025
Publication date: 04 May 2025
Publication date: Apr-May 2025
Volume: 16
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3296
DOI: 10.29312/remexca.v16i3.3296

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

Solanum tuberosum

hidroponía

invernadero

minitubérculos

### Counts

Figures: 3

Tables: 3

Equations: 0

References: 17

Pages: 0