NITRÓGENO Y POTASIO EN SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULOS-SEMILLA DE PAPA[1]

N AND K IN NUTRIENT SOLUTION IN THE POTATO TUBER SEED PRODUCTION[1]

Héctor M. Coraspe-León*, Takashi Muraoka, Vinicius Ide Franzini*** y Newton Do Prado Granja******

1 Parte de la Tesis de Doctorado del primer autor, presentada a la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" (ESALQ)/ Universidad de Sao Paulo, Brasil.

*Investigador. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estación Experimental Trujillo. Avenida principal Pampanito, frente el ambulatorio. Apdo. 395. Pampanito, estado Trujillo, Venezuela. Email: hcoraspe@inia.gob.ve.

** Profesor. Universidad de Sao Paulo USP. Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Brasil.

*** Estudiante de Doctorado. Universidad de Sao Paulo USP, Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" ESALQ, Brasil.

**** Investigador. Instituto Agronômico de Campínas (IAC), Brasil.

RESUMEN

La papa-semilla, *Solanum tuberosum* L., es considerada un factor fundamental para garantizar alta productividad y buena calidad del tubérculo en el cultivo de la papa. A pesar de su importancia y el gran número de estudios sobre el cultivo de la papa, en las condiciones tropicales, las investigaciones existentes sobre la nutrición mineral de la producción de papa-semilla de variedades para uso industrial, tanto en campo como en ambientes protegidos, son escasas. El sistema hidropónico de producción, ya consagrado en diversos cultivos, se muestra ventajoso para la producción de semillas pre-básicas de papa, pues aumenta la productividad, reduciendo los costos y eliminando cualquier riesgo de contaminación por patógenos de suelo. El objetivo general de la investigación fue estudiar el efecto de las interacciones de N y K usadas en solución nutritiva, sobre el desarrollo de las plantas y producción de papa semilla. El experimento fue instalado en invernadero, en las instalaciones del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Universidad de São Paulo (USP), Brasil. Se utilizó material *in vitro*, de la variedad "Atlantic". Los tratamientos de dosis de N y K evaluados fueron dispuestos en un arreglo en esquema factorial 5 x 5, con 5 dosis de N y 5 de K, usando el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Hubo interacción positiva entre nitrógeno y potasio, resultando en disminución en la pérdida de peso de los tubérculos después de período de almacenamiento. En la combinación de dosis de 12,65 mmol L^{-1} de N y 7,03 mmol L^{-1} de K se obtuvo el menor porcentaje de deshidratación.

Palabras Clave: *Solanum tuberosum* L.; nutrición mineral; solución nutritiva; arcilla expandida; semilla de papa.

SUMMARY

The potato-seed, *Solanum tuberosum* L., is considered a fundamental factor to guarantee high productivity and good tuber quality in the potato crop. In spite of their importance and the great number of studies on the potato crop, under tropical conditions, investigations on the mineral nutrition in potato-seed in varieties for industrial use, as much in field as in protected conditions, are scarce. The hydroponics system production, already consecrated in diverse crops, has been shown as an alternative for the production of potato pre-basic seeds, due to increases in the productivity, reduction of production costs, and elimination of contamination for soil pathogens. The objective of this research was to evaluate the effect of N and K interactions in nutritive solution, on the production of potato seed. The experiment was carried out in greenhouse, in the Center of Nuclear Energy in the Agriculture (CENA), University of São Paulo (USP), Brazil, and we used *in vitro* material of the "Atlantic" variety. Five doses of N and K in a factorial arrangement (5 x 5), were established in a complete randomize block desing with three repetitions. There was positive interaction between nitrogen and potassium, which resulted in decrease of the loss of weight of tubers during the period of storage. With the combination of 12,65 and 7,03 mmol L^{-1} of N and cause the K the lowest percentage of dehydration.

Key Words: *Solanum tuberosum* L.; Mineral Nutrition; Nutrient Solution; Expanded Clay; Potato Seed.

RECIBIDO: marzo 24, 2008

ACEPTADO: julio 17, 2008

INTRODUCCIÓN

La papa-semilla, *Solanum tuberosum* L., es considerada un factor fundamental para garantizar alta productividad y buena cualidad del tubérculo en el cultivo de la papa. Aun cuando todas las otras condiciones sean favorables al cultivo, la siembra de papa-semilla de mala calidad puede comprometer la producción. Por lo tanto, la utilización de papa-semilla con buena sanidad, estado fisiológico y brotación adecuada, es fundamental para el éxito de la actividad (Furumoto y Lopes, 1997). El uso de material de propagación de alta calidad fitosanitaria es indispensable para la obtención de elevados rendimientos. Enfermedades transmisibles por semillas, como virosis y marchitez bacteriana, se constituyen en factores limitantes, ocasionando en muchas regiones elevadas pérdidas (Medeiros *et al*., 2002).

Las características de cada variedad y su uso final -producción de semilla, consumo *in natura* o procesamiento- hacen una gran diferencia en el manejo del cultivo y en los rendimientos. A pesar de su importancia y el gran número de estudios sobre el cultivo de la papa, en las condiciones tropicales, las investigaciones existentes sobre la nutrición mineral de la producción de papa-semilla de variedades para uso industrial, tanto en campo como en ambientes protegidos, son escasas.

La papa-semilla categoría básica dejó de ser producida exclusivamente por los institutos de investigación y universidades, existiendo actualmente la producción comercial por agricultores especializados en ese segmento de la cadena productiva de la papa; los cuales utilizan tecnologías recientemente desarrolladas y materiales de siembra procedentes de cultivo de tejidos, obteniendo tubérculos-semilla con alta calidad sanitaria y fisiológica. Sin embargo, debido al poco tiempo de desarrollo de esa actividad comercial en el país, existen aspectos relacionados con el manejo de la nutrición mineral de la planta que deben ser mejor dilucidados para la optimización de la producción.

El uso de arcilla expandida como sustrato y la mejor comprensión de la nutrición de la papa iniciándose de plántulas producidas de cultivo de tejidos, son algunos aspectos que deben ser estudiados para alcanzar mayor eficiencia en estos sistemas de producción.

El sistema hidropónico de producción, ya consagrado en diversos cultivos, se muestra ventajoso para la producción de semilla pre-básica de papa, pues aumenta a productividad, reduciendo los costos y eliminando cualquier riesgo de contaminación por patógenos de suelo (Medeiros y Silva, 1999).

La producción de papa-semilla de alta calidad pasa por el cultivo de tejidos y una o más generaciones de multiplicación en condiciones controladas, para preservar la calidad sanitaria de los tubérculos-semilla (Fiorezze, 1997). Para la multiplicación de tubérculos-semilla en que la finalidad es la producción comercial para posterior distribución a los productores, el cultivo hidropónico empleando sustratos es más adecuado, por razones de simplicidad operacional, costos más bajos y menor riesgo (Andriolo, 1999). En el caso de la papa el uso de sistemas hidropónicos en la producción de tubérculos-semilla es reciente, necesitando de una gama mayor de información.

El objetivo general de esta investigación fue estudiar el efecto de las interacciones de N y K usadas en solución nutritiva, sobre el desarrollo de las plantas y producción de papa semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en invernadero en el mes de abril de 2006 y evaluado hasta julio del mismo año, en las instalaciones del Centro de Energía Nuclear en la Agricultura (CENA), Universidad de Sao Paulo (USP), Brasil. El estudio fue desarrollado en potes plásticos de 2,3 L de capacidad, transplantándose inicialmente cuatro plántulas por pote y dejadas dos, tres semanas después del transplante. El sustrato usado fue la arcilla expandida, colocándose 1,85 kg del sustrato por pote. En cada pote fue abierto en la parte inferior un orificio, en el cual se adaptó una manguera para drenaje de la solución nutritiva en recipiente colector con capacidad de 4,5 L.

Los tratamientos de dosis de N y K evaluados fueron dispuestos en un arreglo en esquema factorial 5 x 5, con 5 dosis de N y 5 de K, usando el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Detalles de los tratamientos son presentados en el Cuadro 1.

Durante la primera semana se utilizó una solución nutritiva diluida en 1/5 de la concentración usual. En este período, las irrigaciones fueron efectuadas diariamente, completando el pote con la solución nutritiva existente en el recipiente colector. Después de ese período inicial, las irrigaciones se efectuaron 2 veces por semana, completándose el recipiente colector de la solución nutritiva con agua desionizada, y esta solución aplicada en el pote hasta el sustrato quedar inmerso por un período de 10 minutos, en seguida se procedió al drenaje del pote.

CUADRO 1. Descripción de las dosis de N y K usadas en el experimento

Combinaciones de Dosis				
N1K1	N1K2	N1K3	N1K4	N1K5
N2K1	N2K2	N2K3	N2K4	N2K5
N3K1	N3K2	N3K3	N3K4	N3K5
N4K1	N4K2	N4K3	N4K4	N4K5
N5K1	N5K2	N5K3	N5K4	N5K5

Dosis (1)					
N1	8,37	(-6,42)	K1	6,23	(IAC)
N2	10,51	(-4,28)	K2	6,74	(+0,51)
N3	12,65	(-2,14)	K3	7,25	(+1,02)
N4	14,79	(IAC)	K4	7,76	(+1,53)
N5	16,93	(+2,14)	K5	8,27	(+2,04)

(1) Los valores entre paréntesis con signo + o - indican, respectivamente, acrecimos o decrecimos en relación a la dosis usada por el IAC (testigo).

Durante la realización del experimento, la solución nutritiva fue renovada a cada 21 días, monitoreándose en la solución colectada el pH y la conductividad eléctrica (CE) para conocer y corregir el estado de la salinidad. La concentración de los nutrimentos restantes se mantuvo de acuerdo con la composición de la solución usada por el Instituto Agronómico de Campínas (IAC) tal como se aprecia en el Cuadro 2. En la preparación de los tratamientos se utilizó, además de las sales y fertilizantes que componen la solución del IAC (Cuadro 3), KCl, $CaCl_2$ y NH_4NO_3 para poder obtener las concentraciones deseadas de N y K.

Las plantas de los experimentos fueron asperjadas en 2 oportunidades, a los 25 y 50 días después de transplante (DDT), con insecticida (Imidacloprid) para controlar infestación de pulgón (*Myzus persicae*) y con fungicida (Mancozeb) para control de enfermedades fúngicas foliares, principalmente la candelilla tardía (*Phytophthora infestans*). Fue usada la dosis recomendada por el fabricante.

Las plantas se cosecharon a los 85 DDT, separándose en parte aérea (PA) y tubérculos (TUB). El material fue debidamente identificado, acondicionado en bolsas de papel, secado en estufa a 60 °C por 72 horas, pesado en balanza de precisión para determinación de la materia seca (MS) y luego molidas en molino tipo Willey. Se efectuó la determinación de concentración N y K, conforme metodología descrita por Malavolta *et al.*, (1997) y se calculó la acumulación de nutrimentos. Los cálculos de acumulación de MS y de nutrimentos fueron realizados para una planta por pote.

Al momento de la cosecha de las plantas, fueron separados 2 tubérculos-semilla por tratamiento para evaluar la pérdida de peso 5 meses después. Los tubérculos se almacenaron en bolsas de papel, manteniéndose éstas abiertas, bajo luz difusa y a temperatura ambiente.

CUADRO 2. Composición química de la solución nutritiva IAC.

Macronutrimentos mmol L^{-1}	Micronutrimentos µmol L^{-1}
N = 14,79	B = 7,21
P = 1,57	Cu = 12,51
K = 6,23	Fe = 10,31
Ca = 4,99	Mn = 7,01
Mg = 0,99	Mo = 0,20
S = 0,97	Zn = 1,22

CUADRO 3. Sales y fertilizantes usados en la preparación de la solución nutritiva del IAC, para 10^3 L

Fertilizante o sal	Cantidad (g)
Sulfato de magnesio	240
Nitrato de calcio	1180
Nitrato de potasio	505
Fosfato monobásico de potasio	212
Tenso cocktail® (1)	15

(1) Composición química: B 0,52%; Ca-EDTA 2,57%; Cu-EDTA 0,53%; Fe-EDTA 2,1%; Fe-DTPA 1,74%; Mn-EDTA 2,57%; Mo 0,13%; Zn-EDTA 0,53%.

Material vegetal

Se utilizaron plantas *in vitro*, de la categoría pre-básica de "Atlantic" producido por el laboratorio de cultivo de tejidos de la Sección de Raíces y Tubérculos del Centro de Horticultura del IAC, Campínas, SP, Brasil. Las plántulas fueron transportadas en potes plásticos cerrados, propios para el cultivo de tejidos, conteniendo medio nutritivo a base de Agar.

Análisis de los resultados

Los resultados fueron sometidos a análisis estadísticos, utilizándose el programa estadístico SAS - System for Windows 6.11 (SAS Inst., 1996). Se efectuó el análisis de la varianza y, de acuerdo con el nivel de significancia de la prueba F se procedió al estudio de regresión para los componentes de primer, segundo y tercer grado por el procedimiento GLM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación del pH y CE

Se observó que la variación del pH y de la CE en las soluciones nutritivas usadas para las diferentes combinaciones de dosis se mantuvo dentro de un rango de valores considerados como tolerable (Cuadro 4) por Furlani *et al*. (1999a,b).

Según estos autores, valores de pH entre 4,5 y 7,0 son tolerados sin ocasionar problemas al crecimiento de las plantas. Esta condición de pH, en el desarrollo de trabajos de producción o investigación en soluciones nutritivas se presenta como un factor fundamental de éxito o fracaso, ya que una gran parte de las soluciones nutritivas no presenta efecto buffer variando el pH continuamente, sin mantenerse dentro de un rango ideal.

En el experimento los valores iniciales fueron próximos a 5,5 y al final del período de cambio de la solución se mantuvieron alrededor de 6,50. Esto permite inferir que no hubo efecto perjudicial de estos factores. Entretanto, la CE que está relacionada con la salinidad en la solución nutritiva, varió al inicio del período entre 1500 y 1900 µS cm^{-1}, predominando valores próximos a 1700 µS cm^{-1}, mientras que al final alcanzó de 700 a 900 µS cm^{-1}. La disminución de la CE de la solución nutritiva era esperada debido a la adición de agua desionizada en el recipiente colector previo a la irrigación, ocasionando dilución en los componentes de la solución nutritiva.

CUADRO 4. Valores medios de pH y CE en las soluciones nutritivas al inicio y fin del período de reemplazo de solución.

Combinación de dosis	Solución Inicial		Solución Final	
	pH	CE (µS cm^{-1})	pH	CE (µS cm^{-1})
N1K1	5,76	1660	6,84	715
N2K1	5,77	1680	6,73	692
N3K1	5,66	1720	6,49	751
N4K1	5,59	1690	6,37	837
N5K1	5,18	1730	6,15	895
N1K2	5,85	1510	6,84	659
N2K2	5,68	1530	6,63	722
N3K2	5,61	1650	6,56	742
N4K2	5,72	1780	6,41	875
N5K2	5,69	1850	6,45	991
N1K3	5,77	1670	6,79	703
N2K3	5,75	1680	6,63	720
N3K3	5,72	1660	6,68	744
N4K3	5,41	1740	6,54	772
N5K3	5,47	1810	6,48	832
N1K4	5,66	1540	6,78	769
N2K4	5,62	1680	6,72	829
N3K4	5,51	1730	6,53	775
N4K4	5,55	1800	6,55	866
N5K4	5,41	1840	6,55	913
N1K5	5,53	1610	6,59	685
N2K5	5,49	1790	6,55	728
N3K5	5,54	1770	6,53	678
N4K5	5,38	1870	6,44	883
N5K5	5,58	1900	6,49	861

En experimentos con la fórmula 8-28-6, realizados por Feltrán (2005), en suelos Oxisols, obtuvo valores de 2,29 a 6,77 dS m^{-1}, atribuyendo principalmente al K y N la causa del aumento de la concentración salina en la solución del suelo, lo que consecuentemente aumenta la CE; y a la textura y humedad del suelo las variaciones de CE entre estos suelos. Como según Mass y Hoffman (1977) el potencial productivo de la papa es menor con valores de CE arriba de 1,7 dS m^{-1}, los valores iniciales pueden haber afectado la productividad de las plantas.

Producción de materia seca

En el trabajo la producción de MS de la parte aérea y de los tubérculos no fue afectada significativamente por el K y por las interacciones de N y K, aunque existen investigaciones de que la exportación de K en los tubérculos puede ser 1,5 veces mayor que la del N (Yorinori, 2003). Resultados semejantes fueron obtenidos por Reis Júnior y Monnerat (2001), quienes tampoco verificaron efecto de la fertilización con K en la producción de materia seca de tubérculos, aunque observaron aumento significativo de producción de materia fresca de tubérculo.

Los autores comentan que eso ocurrió posiblemente, porque el aumento de las dosis de K favoreció la acumulación de agua en los tubérculos. Como el potasio no hace parte de estructuras celulares conocidas, se especula que el aumento del tenor de K en los tejidos de los tubérculos (Reis Junior y Monnerat, 1997) redujo el potencial hídrico y favoreció la acumulación de agua en estos tejidos.

Por otro lado, Reis Júnior (1995) verificó que la aplicación de dosis crecientes de potasio en el cultivo de la papa aumentó la disponibilidad del nutrimento en el suelo y la cantidad de materia seca producida por las plantas.

La interacción entre N y K es reconocida hace mucho tiempo con relación a la producción de materia seca, producción de granos y calidad del producto cosechado (Macleod, 1969; Dibb y Thompson Junior, 1985) y aunque existan considerables evidencias que esa interacción mejore esos parámetros (Lee y Rudge, 1986; Rosolem, 2005; Viana, 2007) no hubo efecto positivo en este estudio.

En sus trabajos Westermann *et al*. (1994a), evaluando el efecto de la fertilización potásica y nitrogenada, observaron reducción de la MS y de la concentración de almidón en los tubérculos con esos 2 nutrimentos, atribuyendo la disminución causada por el K al incremento del contenido de agua en el tubérculo.

El K es importante para la translocación de azúcares y de síntesis de almidón (Reis Júnior y Fontes, 1996), afectando así la productividad y la calidad de los tubérculos (Westermann *et al*., 1994a). Entretanto, hubo efecto aislado del N en la producción de MS de los tubérculos y de la parte aérea. Al graficar las curvas se observa que hubo un incremento significativo (P≤0,01) en la producción de MS de los tubérculos y de la PA con las dosis de N, ambas ajustándose al modelo lineal de regresión (Figuras 1 y 2).

A pesar de Magalhães (1985) haber observado que el N tendió a disminuir la materia seca de tubérculos, De La Morena *et al*. (1994), evaluando el efecto de ese macronutrimento en el crecimiento de variedades de papa, verificaron que el N aumentó la masa de los tubérculos. Resultados similares fueron observados por otros autores (Harris, 1978; Millar y Mackerron, 1986; Geary *et al*., 2004).

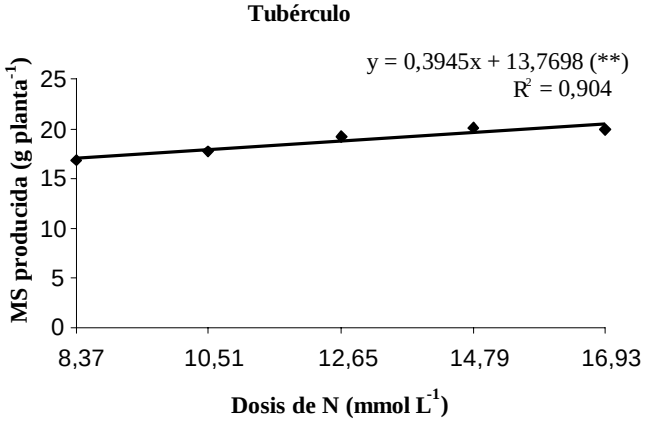

FIGURA 1. Materia seca producida del tubérculo de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N y K. **Significativo al 1% de probabilidad.

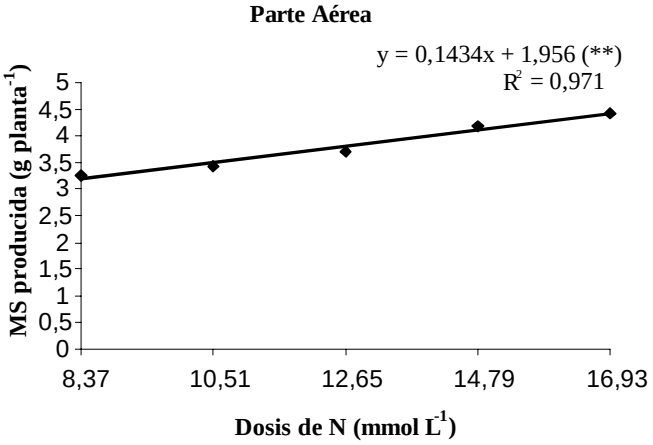

FIGURA 2. Materia seca producida de la parte aérea de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N y K. **Significativo al 1% de probabilidad.

Acumulación de nitrógeno y potasio

Con relación a la acumulación de N el análisis de la varianza no mostró diferencias significativas en las interacciones. Sin embargo, fue observada respuesta lineal y positiva (P≤0,01) de las dosis de nitrógeno en la acumulación de N en tubérculo y PA (Figuras 3 y 4). Viana (2007) observó interacción significativa para la acumulación de N en espigas de trigo, pero no obtuvo el mismo efecto al evaluar la interacción de N y K en las hojas y raíces de ese cultivo.

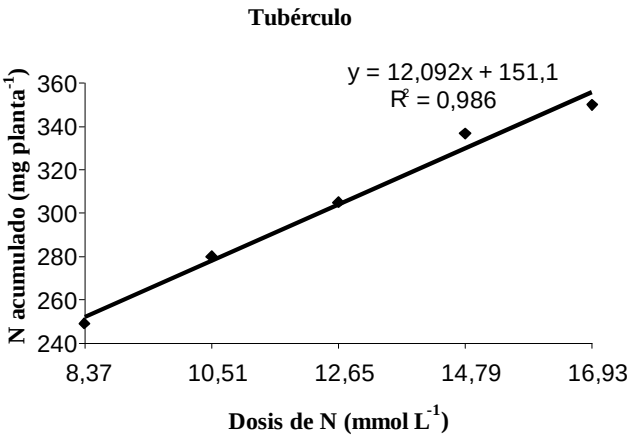

FIGURA 3. Nitrógeno acumulado en el tubérculo de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N. **Significativo al 1% de probabilidad.

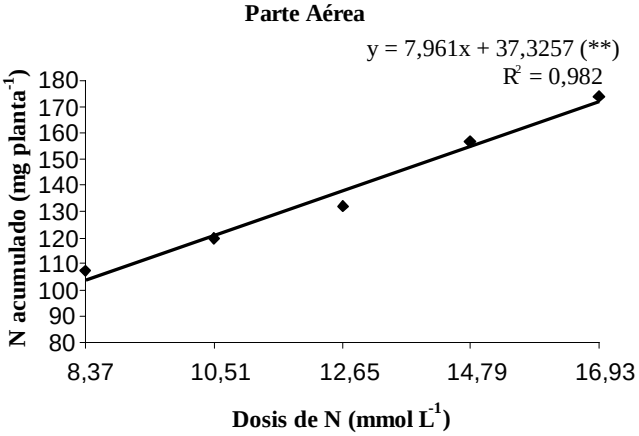

FIGURA 4. Nitrógeno acumulado en la parte aérea de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N. **Significativo al 1% de probabilidad.

Con el aumento de las dosis de N se verificó un aumento lineal del N tanto en los tubérculos como en la PA. La acumulación de N en los tubérculos aumentó con las dosis de N variando de 252,31 a 355,82 mg planta^{-1}, mientras que en la PA la variación fue menor, 103,92 a 172,11 mg planta^{-1}.

Viana (2007), cultivando plantas de trigo con combinaciones de N y K, también observó efecto lineal de las dosis de N en la acumulación de N en las hojas de las plantas.

Para la acumulación de K en los tubérculos y en la PA no se detectó significancia para las interacciones de N y K. Se observó el efecto aislado del K en la acumulación de este nutrimento en los tubérculos y PA. Conforme se presenta en las Figuras 5 y 6, se notó mejor ajuste al modelo lineal de regresión para las dosis de K en los tubérculos (P≤0,05) y PA (P≤0,01). En la Figura 5 se verificó que aunque las dosis de K aplicadas en la solución nutritiva proporcionaron mayor acumulación de este nutrimento en los tubérculos, los datos no se ajustaron adecuadamente (R2 bajo) al modelo matemático testado (lineal).

Por su parte, Viana (2007) observó interacción significativa para la acumulación de K en espigas de trigo, pero no obtuvo el mismo efecto al evaluar la interacción de N y K en las hojas y raíces. Las dosis de K probadas en la solución nutritiva proporcionaron mayor acumulación de este nutrimento en la PA, pero los datos no se ajustaron adecuadamente al modelo matemático (Figura 6).

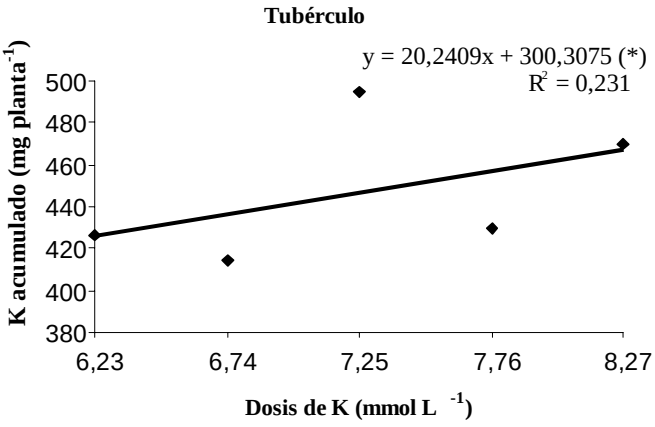

FIGURA 5. Potasio acumulado en tubérculo de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de K. *Significativo al 5% de probabilidad

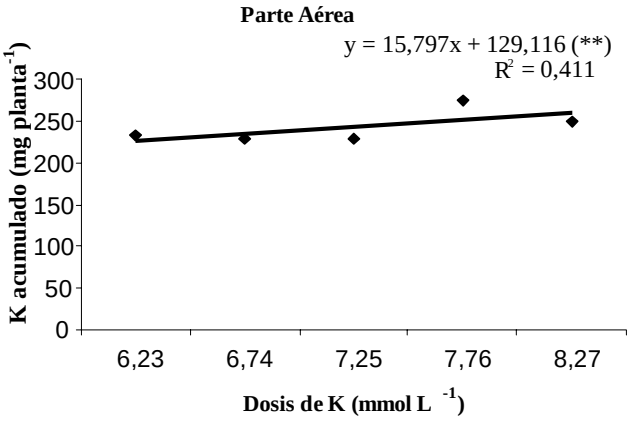

FIGURA 6. Potasio acumulado en PA de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de K. **Significativo al 1% de probabilidad.

Conforme presentando en la Figura 7, las dosis de N influenciaron significativamente (P≤0,05) la acumulación de K solamente en la PA y los datos se ajustaron al modelo cuadrático. Las dosis máximas de K evaluadas proporcionaron en los tubérculos la acumulación de 467,70 mg planta^{-1} y en la PA 259,76 mg planta^{-1}. Las dosis de N registraron respuestas cuadráticas significativas (P≤0,05) para la acumulación de potasio apenas en la PA (Figura 7), con la mayor dosis evaluada la acumulación de potasio fue de 281,34 mg planta^{-1} y en la dosis de referencia de 253,49 mg planta^{-1}.

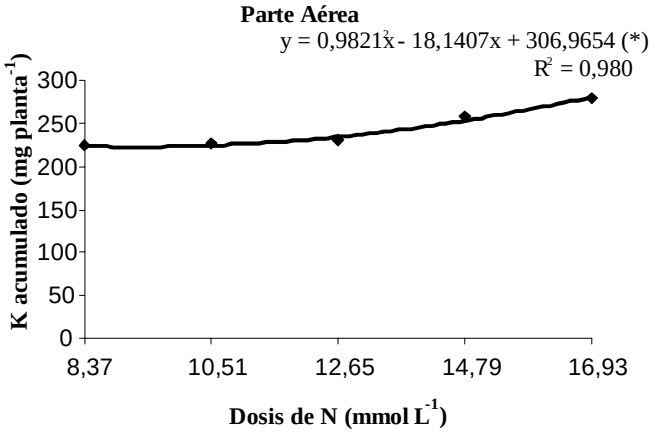

FIGURA 7. Potasio acumulado en PA de plantas de papa a lo largo del ciclo, en función de dosis de N. *Significativo al 1% de probabilidad.

Pérdida de peso en tubérculo-semilla

La pérdida de peso en tubérculo-semilla fue evaluada por todas las interacciones de las combinaciones de dosis de N y K estudiadas en este experimento, seleccionándose los modelos de regresión polinomial que más se ajustasen a los datos obtenidos, haciendo esto para 'potasio dentro de nitrógeno' y 'nitrógeno dentro de potasio'.

Luego del desdoblamiento de las interacciones se verificó que sólo hubo significancia (P≤0,01) para la pérdida de peso en tubérculo en la dosis de 12,65 mmol L^{-1} de N (N3) al ser estudiado el potasio dentro de nitrógeno, ajustándose al modelo cuadrático de regresión (Figura 8). Por la ecuación obtenida, se calculó el punto de mínimo, aconteciendo en la dosis de 7,03 mmol L^{-1} de K correspondiendo a la deshidratación en el tubérculo-semilla de 37,16%.

Este porcentaje de pérdida de peso es inferior a lo que ocurriría usando en el ajuste matemático calculado, la dosis de potasio (6,23 mmol L^{-1}) empleada en la rutina de producción del IAC (40,34%). Lo que posibilita relacionar las interacciones benéficas de dosis del nitrógeno con el potasio en la turgencia del tubérculo, y pudiendo prever una mejoría en la calidad de los tubérculos-semilla después de cierto período de almacenamiento. Estos resultados permiten inferir que la combinación de la dosis de 12,65 mmol L^{-1} de N con la de 7,03 mmol L^{-1} de K podría ser usada para obtener tubérculos-semilla con mayor resistencia a la deshidratación.

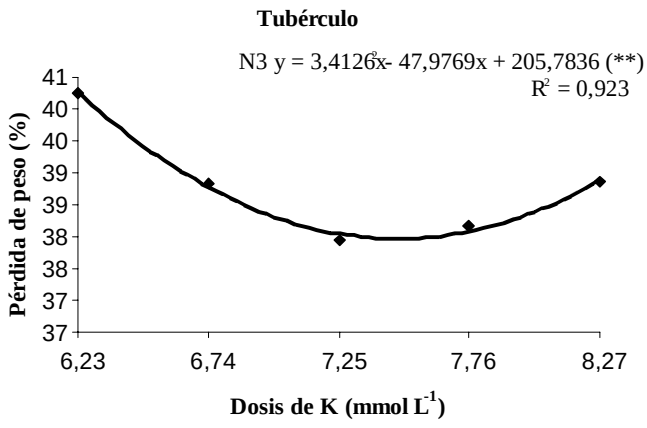

FIGURA 8. Pérdida de peso en tubérculos almacenados, en función de la interacción de dosis de N t K. **Significativo al 1% de probabilidad.

Es común entre productores semilleristas de papa en la región Sur y Sureste de Brasil, utilizar un sistema de producción semejante al del IAC. Es decir, uso de plántulas *in vitro*, cultivo bajo invernaderos, sustratos inorgánicos, producción de tubérculos sujetos a las normas de certificación y el uso de formulaciones con concentración de nutrimentos similares a las presentadas en el Cuadro 2. Por lo tanto, llegar a una mejor definición en la proporción de nutrimentos, como los estudiados aquí, contribuiría para elevar la calidad de los tubérculos-semilla de estos productores, principalmente en sistemas de producción de semilla pre-básicas que presentan como característica común reducida eficiencia, en razón de los bajos índices de multiplicación de tubérculos (Medeiros y Silva, 2002).

CONCLUSIONES

- La producción de materia seca y la acumulación de nitrógeno en los tubérculos y en la parte aérea fueron directamente relacionadas con las dosis de N en la solución nutritiva.

- La acumulación de potasio en la PA fue directamente relacionado con el suministro de nitrógeno y potasio, mientras que en los tubérculos apenas de K.

- Ocurrió interacción positiva entre nitrógeno y potasio, lo que resultó en disminución de pérdida de peso de los tubérculos después de período de almacenamiento. En la combinación de dosis de 12,65 mmol L^{-1} de N y 7,03 mmol L^{-1} de K se obtuvo el menor porcentaje de deshidratación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la empresa CINEXPAN por la donación de la arcilla expandida usada como sustrato.

BIBLIOGRAFÍA

Andriolo, J. L. 1999. Fisiologia das culturas protegidas. Santa Maria: UFSM. 142 p.

De la Morena, I., A. Guillén and L. F. G. Del Moral, 1994. Yield development in potatoes as influenced by cultivar and the timing and level of nitrogen fertilization. American Potato Journal, Orono, 71(3):165-173.

Dibb, D. W. and W. R. Thompson Junior. 1985. Interaction of potassium with other nutrients. **In:** MUNSON, R.D. (Ed.). Potassium in agriculture. Madison: ASA; CSSA; SSSA.

Feltran, J. C. 2005. Adubação mineral na cultura da batata e do residual no feijoeiro. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu. 124 p.

Fiorezze, C. 1997. Diagnóstico das regiões produtoras de batata do Rio Grande do Sul. **In:** Seminario de Atualização Na Cultura Da Batata, 1997, Santa Maria. Santa Maria: UFSM; EMATER. 13-25 p.

Furlani, P. R., D. Bolonhesi, L. C. P. Silveira y V. Fanquin 1999a. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999a. (Boletim Técnico, 180). 52 p.

Furlani, P. R., D. Bolonhesi, L. C. P Silveira e V. Fanquin. 1999b. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluciones nutritivas. Informe agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 90-98.

Furumoto, O. y C. A. Lopes. 1997. Batata-semente. **In:** Lopes, C. A.; Buso, J.A. Cultivo da batata (*Solanum tuberosum* L.) Brasília: EMBRAPA, 1997. p 10-15. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças, 8).

Geary, B., J. Stark, S. Love, B. Hopkins, J. Ellsworth, D. Atkinson and J. Windes, 2004. Potato varietal responses to nitrogen rate and timing. American Journal of Potato Research, Orono, 81(1):60-61.

Harris, P. M. 1978. Mineral nutrition. **In:** HARRIS, P.M. (Ed.) The potato crop: the scientific basis of improvement. London: Chapman & Hall. p. 195-243.

Lee, R. B. and R. A. Rudge. 1986. Effects of nitrogen deficiency on the absorption of nitrate and ammonium by barley plants. Annals of Botany, London, 57:471-486.

Macleod, L. B. 1969. Effects of N, P and K and their interactions on the yield and kernel weight of barley in hydroponic culture. Agronomy Journal, Madison, 61:26-29.

Magalhães, J. R. 1985. Nutrição e adubação da batata. São Paulo: Nobel. 51 p.

Malavolta, E., G. C. Vitti e S. A. Oliveira, 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas: principios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos. 319 p.

Mass, E. V. and G. V. Hoffman, 1977. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage, Berlin, 103:1 150-1 334.

Medeiros, C. A. B. e E. S. B. Silva. 1999. Producción de sementes pré-básicas de batata em sistema de cultivo sem solo. Horticultura Brasileira, Brasília. 17(3):300.

Medeiros, C. A. B., A. H. Ziemer, J. Daniels e A. S. Pereira, 2002. Producción de sementes pre-básicas de batata em sistemas hidropônicos. Horticultura Brasileira, Brasília, 20:110-114.

Millar, P. and D. K. L. Mackerron, 1986. The effects of nitrogen application on growth and nitrogen distribution within the potato canopy. Annals of Applied Biology, New York, 109(2):427-437.

Reis Junior, R. A. 1995. Producción, qualidade de tubérculos e teores de K no solo e no pecíolo da batateira em resposta a adubação potássica. Mestrado em Fitotecnia. Dissertação () - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 108 p.

Reis Junior, R. A and P. C. R. Fontes, 1996. Qualidade de tubérculos da batateira em função e doses de adubação potássica. Horticultura Brasileira, Brasília, 14(2):170-174.

Reis Junior, R. A. and P. H. Monnerat. 1997. Composición mineral de tubérculos de batata em função da adubação potássica: macronutrientes. Actas de Horticultura, Brasília, 16(3)355-362.

Reis Junior, R. A. e P. H. Monnerat. 2001. Exportação de nutrientes nos tubérculos de batata em função de doses de sulfato de potássio. Horticultura Brasileira, Brasília, 19(3):227-231.

Rosolem, C. A. 2005. Interação de potássio com outros íons. **In:** YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Inpofos; IIP, 239-256 p.

SAS Institute. 1996. SAS/STAT: user's guide, version 6.11. 4th ed. Cary. 2: 842 p.

Viana, E. M. 2007. Interação de nitrogênio e potássio na nutrição, no teor de clorofila e na atividade da redutase do nitrato em plantas de trigo. Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba. Dissertação - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 95 p.

Westerman, D. T., D. W. James, T. A. Tindall and R. L. Hurst, 1994a. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes sugars and starch. American Potato Journal, Orono, 71 (7):433-453.

Westermann, D. T., T. A. Tindall, D. W. James and T. R. L. Hurst. 1994b. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. American Potato Journal, Orono, 71:417-432.

Yorinori, G. T. 2003. Curva de crescimento e acumulación de nutrientes pela cultura da batata cv. 'Atlantic'. 2003. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Piracicaba. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 66 p.