



FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN EL DESARROLLO DEL CULTIVO DE LA REMOLACHA

NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZATION IN THE GROWTH OF SUGAR BEET CULTIVATION

Cinthia Concepción Sanabria Irigoyen¹, Eulalio Morel López^{1*}  y Modesto Omar Da Silva Oviedo¹

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: lopezeulalio@hotmail.com

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto que tienen las distintas dosis de nitrógeno (N) y potasio (K) en la productividad del cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.). El experimento se desarrolló en el área de Horticultura-Campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, durante los meses de marzo a julio del año 2018. El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (DBCA), con parcela subdividida 4x4 y tres repeticiones, siendo la parcela principal Nitrógeno (0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹) y parcela secundaria Potasio (0, 90, 180, 170 kg ha⁻¹), totalizando 48 UE mediante la combinación de los factores. Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza por el test de Fisher, para evaluar si se presentaron efectos significativos de los tratamientos, fue realizado análisis de regresión para los tratamientos evaluados. Los factores aplicados influyeron significativamente en la altura de la planta, diámetro ecuatorial y meridional, sólidos solubles y masa fresca de raíz. La regresión indicó que la dosis de 100 kg ha⁻¹ N y 180 kg ha⁻¹ K que proporcionó mayores resultados en todas las determinaciones evaluadas.

Palabras clave: Nitrógeno, potasio, *Beta vulgaris* L.

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of evaluating the effect of the different nitrogen (N) and potassium (K) doses on beet crop productivity. The experiment was carried out in the Horticulture-Experimental Field area of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Concepción. Located on Route V Gral. Bernardino Caballero, Km 2, during the months of March to July of the year 2018. The experimental design used was the Complete Random Blocks (DBCA), with a plot subdivided 4x4 and three repetitions, being Factor a Nitrogen (0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹) and Factor B Potassium (0, 90, 180, 170 kg ha⁻¹), thus totaling 48 EU, by combining the factors. The data obtained were subjected to analysis of variance by the Fisher test, to evaluate if there were significant effects of the treatments, regression analysis was performed for the treatments evaluated. The factors applied significantly influenced the height of the plant, equatorial and meridional diameter, soluble solids and fresh mass of tuberous beetroot. The regression indicated that the dose of 100 kg ha⁻¹ N and 180 kg ha⁻¹ that gave greater results in all the determinations evaluated.

Keywords: Nitrogen, potassium, *Beta vulgaris* L.

INTRODUCCIÓN

Existe un gran desconocimiento del uso de los fertilizantes por parte de los agricultores como de los técnicos responsables de la fertilidad del cultivo por ende una correcta y adecuada disponibilidad de nutrientes es un factor indispensable para asegurar un buen rendimiento económico en cualquier producción agrícola (Astorga, 2011).

Dentro de los nutrientes más exigidos en este cultivo debe ser destacado el nitrógeno, porque contribuye al aumento productivo ya que promueve la expansión foliar (esencial para la fotosíntesis) y la mayor acumulación de masa de raíces (Trani et al., 1993).

El potasio (K), a su vez, es absorbido en mayor cantidad por las raíces de la remolacha (Campo et al., 2000) con una función importante en translocación y el almacenamiento de fotoasimilados en la conservación y el mantenimiento del agua en la planta. Es conocido como el nutriente que promueve la calidad, debido a sus efectos en el tamaño, forma, color, sabor y la resistencia de los productos hortícolas en el almacenamiento (Chitarra y Chitarra, 2005).

Teniendo en cuenta estos problemas, se planteó realizar este trabajo de investigación, con el objetivo de evaluar el efecto que tienen las distintas dosis de nitrógeno (N) y potasio (K) en la productividad del cultivo de remolacha, teniendo como objetivos específicos, determinar la altura de la planta de remolacha, medir el diámetro ecuatorial de la raíz, evaluar diámetro meridional de la raíz, determinar sólidos solubles y determinar la masa fresca de la raíz tuberosa de remolacha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizado corresponde al tipo de estudio experimental cuantitativo. El experimento se realizó en el área de Horticultura- Campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción. Ubicada sobre Ruta V Gral. Bernardino Caballero, Km 2 Ciudad de Concepción, circunscrita en las 230 40' 13" Sur 570 41' 85" Oeste, elevado 160 msnm.

El periodo del experimento fue comprendido entre los meses de marzo a julio del 2018. Durante el desarrollo del trabajo las temperaturas medias tuvieron una mínima de 18,2° C y las máximas alcanzaron los 29,1° C. La precipitación media alcanzó 77,2 mm, según los datos colectados por la estación meteorológica FECOPROD (Campus Universitario, Concepción, Py.).

El diseño utilizado fue el de Bloques Completos al Azar (DBCA), con parcela subdividida 4x4 y 3 repeticiones, siendo la parcela principal Dosis de Nitrógeno y parcela secundaria Dosis de Potasio. Mediante la combinación de 4 dosis de nitrógeno (0 (N1); 50 (N2); 100 (N3) y 150 (N4) kg ha⁻¹) y 4 dosis de potasio (0 (K1); 90 (K2); 180 (K3) y 270 (K4) kg ha⁻¹) se totaliza 48 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental tuvo una superficie de: 1 m², los espaciamientos utilizados fueron de 0,5 m entre hilera y 0,15 m entre plantas.

Las mudas fueron producidas en bandeja de 128 celdas conteniendo sustrato comercial y en cada bandeja se depositó una semilla, la semilla que se utilizó corresponde a la variedad "Top Early Wonder". La parcela experimental fue preparada por medio de herramientas manuales (azada, pala y rastrillo), levantando tabloncillos de 20 cm de altura y 1 m de ancho, con 4 hileras por tabloncillos, dejando 0,5 m para caminero. Un tablón correspondió a un bloque. El trasplante se efectuó cuando los plantines alcanzaron 3 a 4 hojas verdaderas. El espaciamiento que se utilizó fue de 0,25 m entre hilera y 0,15 m entre plantas. El método de irrigación utilizado fue el sistema de riego por goteo. La fuente de fertilizante nitrogenado fue la urea con 45 % de N y la potásica fue cloruro de potasio con 60 % de K. La aplicación de fertilizante nitrogenado y potásico se realizó una sola vez a los 20 días después del trasplante. Los cuidados culturales que se realizaron fueron el aporque, por otro lado, el control de malezas fue mediante carpadas, utilizando escardillo y en otras ocasiones las carpadas fueron de forma manual, para evitar lesiones en las plantas, estos controles se realizaron de acuerdo a su aparición. En vista a la aparición de hongos se aplicó Oxidicloruro de cobre. Se aplicaron los insecticidas Imidacloprid con una dosis de 50ml/Tanque de 20 litros de agua y Neonicotinoide con una dosis de 5ml/ Tanque de 20 litros de agua. Las mediciones se realizaron al final del ciclo del cultivo. La cosecha se realizó el 3 de julio del año en curso, cuando el cultivo ya presentaba la madurez necesaria para la recolección.

Las determinaciones se realizaron seleccionando 10 plantas por UE y fueron las siguientes:

Altura de la planta: Para esta determinación se usó una cinta métrica, midiendo desde la base hasta el ápice vegetativo, determinando así la altura de las plantas seleccionadas de cada UE.

Los datos fueron expresados en centímetros (cm).

Diámetro meridional de la raíz tuberosa: Para realizar dicha medición se utilizó un calibrador Vernier, desde la base inferior de la raíz hasta la parte superior, expresando los datos en centímetros (cm).

Diámetro ecuatorial de la raíz tuberosa: Esta determinación se realizó mediante un calibrador Vernier, se colocó en la parte media de la cabeza. Los datos fueron expresados en centímetros (cm).

Sólidos solubles: Se determinó mediante un refractómetro, y se seleccionó 10 raíces por UE.

Masa fresca de la raíz tuberosa: Para esta determinación se usó una balanza de precisión, determinando así la masa de raíces de las plantas seleccionadas de cada UE. Los datos fueron expresados en gramos.

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA) con el test de Fisher para cada una de las determinaciones, en donde fueron encontradas diferencias significativas, fue realizado análisis de regresión y la significancia de las ecuaciones obtenidas fueron verificadas con la prueba de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Altura de la planta

El resultado de análisis de varianza para cada factor en estudio no encontró significancia, tanto en la interacción entre los factores como en la determinación de la altura de la planta.

En la figura 1 se presenta el análisis de regresión entre los diferentes niveles de nitrógeno dando como resultado con la dosis de N1, se consiguió 40 cm de altura, dosis N2, 42 cm; dosis N3, 45 cm y por último dosis N4 con 44 cm de altura de la planta de remolacha.

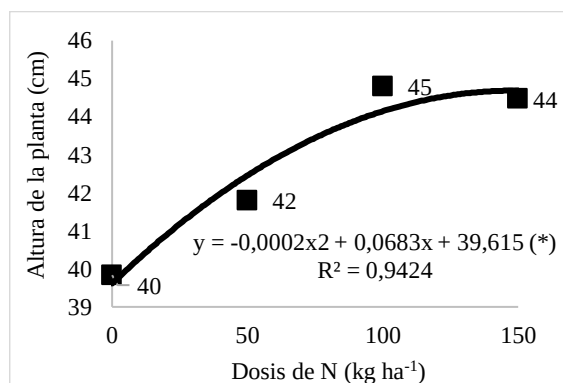


Figura 1. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en la altura de la planta. Concepción, Paraguay, 2018

Trabajos realizados por Alves et al. (2008), evaluando el desarrollo y el estado nutricional de remolacha en función de la omisión de nutriente, señalan una altura media de plantas de 40,5 cm donde se aplicó todos los nutrientes, pues en el tratamiento con ausencia de N el resultado disminuye más del 70% en la altura de las plantas de remolacha; sin embargo, en este experimento presentan una disminución de altura de 10 %.

De acuerdo con Filgueira (2003), el nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo de hortalizas. Como se puede apreciar en la figura 2, se observa que la dosis de 180 kg ha⁻¹ de potasio tuvo mejor comportamiento en cuanto a la altura de la planta de remolacha y el menor obtuvo con la dosis 0. Comparando entre la que obtuvo el mejor y el menor se produjo la diferencia de 2 cm de altura de la planta de remolacha.

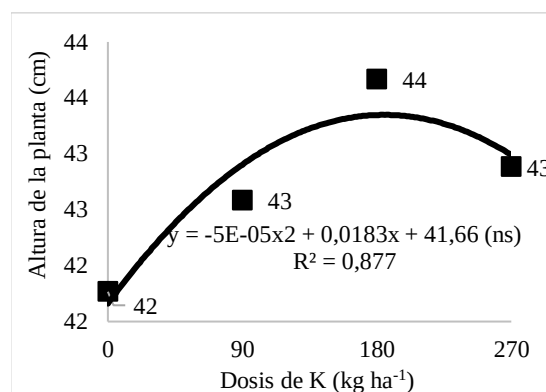


Figura 2. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de potasio en la altura de la planta. Concepción, Paraguay, 2018.

Diámetro ecuatorial

Efectuando un análisis de varianza de los datos obtenidos en cuanto a diámetro ecuatorial por efecto de Nitrógeno no hubo efecto significativo estadísticamente; la dosis de potasio tuvo diferencia significativa y de la interacción entre los factores no demuestra diferencia por el test de Tukey al 5 %.

En la figura 3 se observa el análisis de regresión de los datos obtenidos del factor Nitrógeno en cuanto a diámetro ecuatorial, demuestra la dosis de 100 kg ha⁻¹ obtuvo el mejor resultado con 5,33 cm de raíz tuberosa de remolacha. Seguida la dosis 50 kg ha⁻¹; 150 kg ha⁻¹ y por último donde no se aplicó ningún fertilizante, respectivamente.

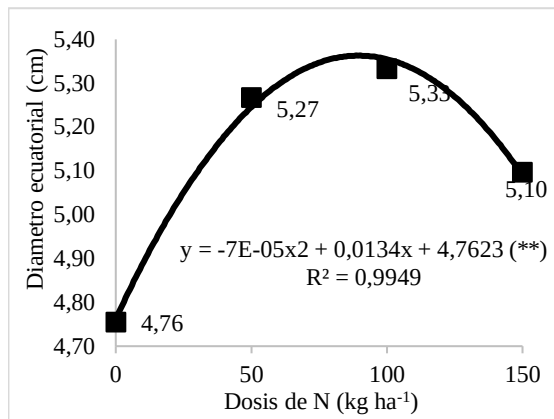


Figura 3. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en diámetro ecuatorial de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018

El análisis de regresión que se presenta en la figura 4 del factor dosis de potasio fue afectado para la variable diámetro ecuatorial de remolacha, donde la dosis de 100 kg ha⁻¹ fue el tratamiento con el mayor promedio, y superior a los demás tratamientos.

Se observa que con la aplicación de diferentes dosis de potasio existe un aumento de 0,49 cm en el diámetro ecuatorial de raíz tuberosa de remolacha.

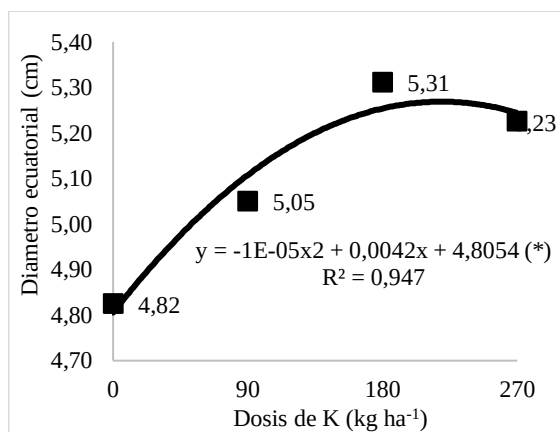


Figura 4. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de potasio en diámetro ecuatorial de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

El resultado de la ecuación obtenida en la figura 4 fue ajustada respuesta polinomial cuadrática: a medida que se aumenta la dosis va cayendo el valor de diámetro ecuatorial.

El resultado alcanzado en la presente investigación (Figura 3 y 4) no concuerda a lo observado por Pereira et al. (2010), investigando la fertilización orgánica y mineral en cultivo de remolacha, alcanzando una media general de 9,06 cm, para el diámetro ecuatorial.

Diámetro meridional

El resultado de análisis de varianza para cada factor en estudio demuestra que se encontró significancia, no así de la interacción entre los factores en la determinación de diámetro meridional.

En relación al efecto de las dosis de nitrógeno, se observa que el diámetro meridional de la raíz tuberosa de remolacha, se ajustó a una ecuación cuadrática, donde $Y = -7E-05x^2 + 0,0132x + 4,5883$; con coeficiente de determinación $R^2: 0,94$ (Figura 5).

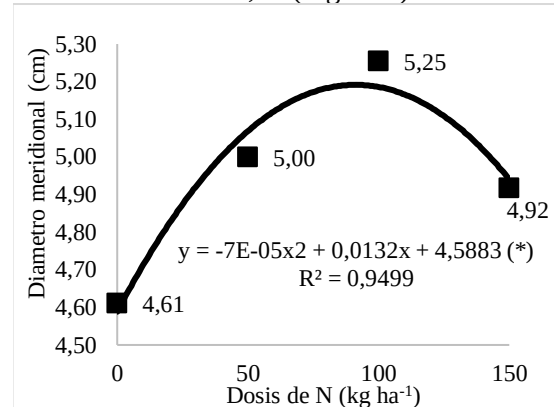


Figura 5. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en diámetro meridional de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

El máximo diámetro ecuatorial se obtiene con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno, alcanzando 5,25 cm, a partir de la cual empieza a disminuir el diámetro, posiblemente por efecto de toxicidad por exceso de nitrógeno.

En relación a los promedios de diámetro meridional (Figura 6) con la aplicación de dosis de potasio, con 180 kg ha⁻¹, cuya dosis con mejor efecto sobre el diámetro consiguiendo 5,22 cm, luego empieza a disminuir, eventualmente por efectos de toxicidad.

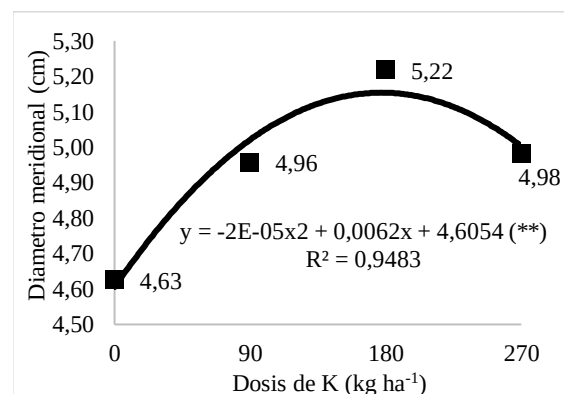


Figura 6. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de potasio en diámetro meridional de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

Perreira et al., (2010), investigando la fertilización orgánica y mineral en cultivo de remolacha, alcanzando una media general de 7,33 cm, para el diámetro meridional, resultados inferiores a los presentados en este experimento, tanto para la dosis N y K.

Sólidos solubles

Los resultados correspondientes a la variable sólidos solubles sometido a análisis de varianza, se verifica que la aplicación de nitrógeno presentó diferencia significativa, el factor potasio y de la interacción entre los factores no detectó diferencia significativa estadísticamente.

En la figura 7, se presentan los diferentes niveles de nitrógeno, donde se verificó entre las dosis, el que presentó menor valor fue donde no se aplicó el nitrógeno, con una media de 11%; y el mayor promedio tuvo el que recibió la dosis de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno con una media de 12% de sólidos solubles, luego empieza a disminuir el tenor de solubles con la dosis más elevada. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Sexton y Carrol (2002), las dosis de elevada N promovieron reducción en la concentración de azúcares en remolacha.

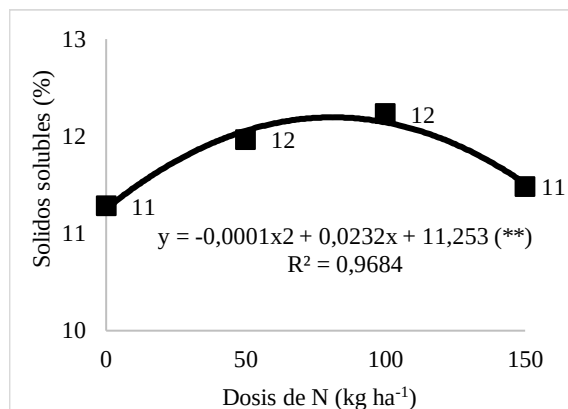


Figura 7. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en Sólidos Solubles de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

Además, en la figura 8, se observa los resultados de sólidos solubles referentes a los niveles de potasio, en el cual presenta una respuesta creciente en los valores a medida que aumenta la dosis de potasio aplicada se incrementa el tenor de sólidos solubles.

Estos resultados coinciden con los mencionados por Alves et al. (2008), indican que al aumentar la dosis de potasio en el suelo ocasiona una elevada acumulación de potasio en la parte de raíces y aérea de remolacha, lo cual origina el aumento de azúcar y síntesis de

almidón. El valor máximo alcanzado en este trabajo fue de 12 % en la cantidad de 270 kg ha⁻¹ de potasio.

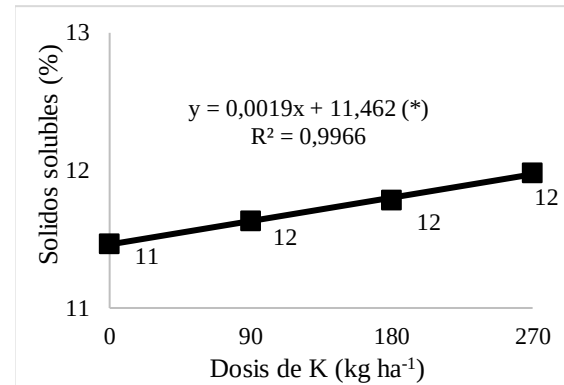


Figura 8. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de potasio en Sólidos Solubles de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

El análisis de regresión realizado en la figura 8, se observa que existe una relación lineal creciente: a medida que se aumenta la dosis de potasio, se produce un aumento en los valores de la determinación de sólidos solubles de remolacha. En la ecuación presentada en la figura fue significativa.

Masa fresca de la raíz tuberosa

La media de masa fresca de la raíz tuberosa de remolacha en función a las diferentes dosis de nitrógeno y potasio en estudio se presenta en las figuras 9 y 10. El análisis de varianza detectó que existen diferencias estadísticas por efecto de Nitrógeno y potasio y de la interacción de los factores no existe diferencia estadística.

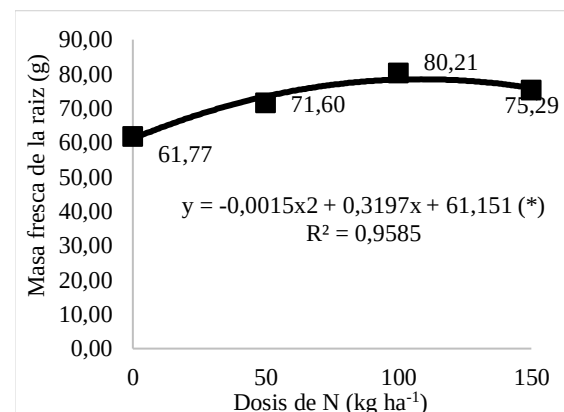


Figura 9. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en masa fresca de la raíz de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

En la figura 9 se observa las dosis de nitrógeno empleado en la variable de peso

promedio de raíz tuberosa de remolacha, demuestra que se obtuvo el mayor promedio donde se aplicó 100 kg ha⁻¹. Resultados similares al presente experimento fueron obtenidos por Oliveira (2015), que al incorporar diferentes dosis de nitrógeno responde positivamente a la aplicación de dosis de 100 kg ha⁻¹.

El análisis de regresión realizado con las dosis de nitrógeno para la masa fresca de la raíz tuberosa, se obtuvo una respuesta cuadrática, se muestra que la curva pudo ajustarse a la polinomial cuadrática, donde al incrementar las dosis aplicadas disminuye el valor; donde $Y = -0,0015x^2 + 0,3197x + 61,151$ con coeficiente de determinación R^2 de 0,95 (Figura 9).

Los altos valores de R^2 ($= 0 > 0,94$), como lo comprueba en la ecuación de la figura 9, son considerados criterios de lógica biológica (cuando se verifica que después de una cierta dosis de fertilizantes no ocurre aumento de productividad) es indicado una elección correcta de modelo, la cual posibilita la identificación de dosis óptima de N para el cultivo (Silva et al., 2007).

La dosis de 100 kg ha⁻¹ N proporcionó la productividad máxima de masa fresca de raíz, en este experimento se encuentra por encima de las recomendadas por Ferreira y Tivelli (1990), con 80 kg ha⁻¹ N, y entre las recomendadas por Trani et al., (1997b) que fueron 60 a 120 kg ha⁻¹ N.

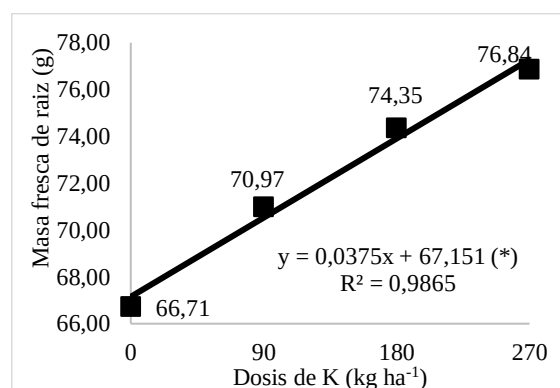


Figura 10. Ecuación de regresión ajustada a la aplicación de diferentes niveles de potasio en masa fresca de raíz tuberosa de remolacha. Concepción, Paraguay, 2018.

En tanto en los valores de masa fresca de raíz tuberosa de remolacha (Figura 10) por efectos de la aplicación de potasio, existe una relación lineal positiva entre las dosis de potasio aplicada, proporcionó un aumento graduado en la masa fresca de 66,71; 70,97; 74,35; 76,84 gr raíz⁻¹ para las siguientes dosis 0, 90, 180, 270 kg de K, respectivamente.

Estos resultados muestran la capacidad de respuesta de remolacha a la aplicación de potasio, de acuerdo con Grangeiro et al., (2007) es el segundo nutriente más acumulado por el cultivar de remolacha Early Wonder, con acumulación máximo de 538 mg.pl⁻¹ equivalente a (179,3 kg ha⁻¹) a los 60 DDS, siendo la mayor demanda ocurrido en el periodo de 30 a 4a DDS, las participaciones de la parte raíz y aérea fueron respectivamente de 52 y 48 %.

CONCLUSIONES

La aplicación de nitrógeno y potasio promovieron positivamente el desarrollo en la altura de la planta, en el diámetro ecuatorial y meridional, en los sólidos solubles y en la masa fresca de la raíz tuberosa.

El análisis de regresión indica que la dosis de 100 kg ha⁻¹ N, proporcionó mayores resultados en las determinaciones realizadas.

La dosis de 180 kg ha⁻¹ K obtuvo mejores valores en las variables altura de la planta, diámetro ecuatorial y meridional. Entre tanto, en sólidos solubles y masa fresca de raíz tuberosa demuestran un incremento lineal los valores.

REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

- Alves, A. U., Prado, R. M., Gondim, A. R. O., Fonseca, I. M., & Cecílio Filho, A. B. (2008). Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, 26(2), 292–295. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000200033>
- Astorga, R. O. (2011). *Manual de fertilización y riego en hortalizas bajo plástico*. Impresos El Mercurio de Valparaíso.
- Campo, J., Maass, M. J., Jaramillo, V. J., & Yrizar, A. M. (2000). Calcium, potassium, and magnesium cycling in a Mexican tropical dry forest ecosystem. *Biogeochemistry*, 49(1), 21–36. <https://doi.org/10.1023/A:1006207319622>
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio* (2ª ed.). Lavras: Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão.
- Ferreira, M. D., & Tivelli, S. W. (1990). *Cultura da beterraba: Condições gerais* (3ª ed.). Guaxupé: Indústrias Gráficas Pirassununga Ltda.
- Filgueira, F. A. R. (2003). *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna*

- na produção e comercialização de hortaliças (2ª ed.). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.
- Grangeiro, L. C., Megereiros, M. Z., Souza, B. S., Azevêdo, P. E., Oliveira, S. L., & Medeiros, M. A. (2007). Acúmulo e exportação de nutrientes pela beterraba. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 267–273. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200001>
- Oliveira, R. J. P. de. (2015). *Adubação para a cultura da beterraba (Beta vulgaris L.) Na região do alto vale do Itajaí* [Tesis de doctorado, Universidade do Estado de Santa Catarina]. https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1475/TESE_ROBINSON_0704_FINAL_PDF_15694145166724_1475.pdf
- Pereira, A. L. S., Junior, O. P. M., Mendes, R. T., Neri, S. C. M., Pelá, G. M., & Pelá, A. (2010). Adubação orgânica e mineral na cultura da beterraba. *VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação*, 8, 1-11.
- Sexton, P., & Carrol, J. (2002). Comparison of SPAD chlorophyll meter readings vs. petiole nitrate concentration in sugarbeet. *Journal of Plant Nutrition*, 25(10), 1975–1986. <https://doi.org/10.1081/PLN-120013288>
- Silva, M. C. C., Fontes, P. C. R., & Miranda, G. V. (2007). Modelos estatísticos para descrever a produtividade de batata em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira*, 25, 360–364. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300008>
- Trani, P. E., Passos, F. A., Tavares, M., & Azevedo Filho, J. A. (1997). Beterraba, cenoura, nabo, rabanete e salsa. En Raij, B., Cantarella, H., Quaggio, J. A., & Furlani, A. M. C. (Eds.), *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo* (2ª ed., Boletim técnico No. 100, pp. 174). Instituto Agrônômico & Fundação IAC.
- Trani, P. E., & Fornasier, J. B. (1993). Nutrição mineral e adubação da beterraba. En Ferreira, M. E., Castellane, P. D., & Cruz, M. C. P. (Eds.), *Nutrição e adubação de hortaliças* (pp. 429–446).