



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



IX CONFERENCIA CIENTÍFICA INTERNACIONAL DESARROLLO AGROPECUARIO
Y SOSTENIBILIDAD “AGROCENTRO 2019”

IX Simposio de Agronomía

GLICERINA Y POTASIO EN LA ACTIVIDAD MICROBIANA DEL SUELO Y NUTRICIÓN Y
PRODUCCIÓN DE REMOLACHA (*Beta vulgaris* L.)

GLYCERIN AND POTASSIUM ON SOIL MICROBIAL ACTIVITY AND NUTRITION AND
PRODUCTION OF BEET (*Beta vulgaris* L.)

Dr. C. Alejandro Díaz Medina. aldmedina@uclv.cu
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Cuba

Renato de Mello Prado. rm.prado@unesp.br
Universidad Estadual Paulista, Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias. São Paulo, Brasil.

Claribel Suárez Pérez. clsuarez@uclv.cu
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Cuba

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de proporciones de glicerina en presencia y ausencia de la fertilización con potasio sobre la actividad microbiana del suelo, nutrición y producción de remolacha (*Beta vulgaris* L.). El estudio se realizó en un invernadero de la Universidad Estadual Paulista, campus Jaboticabal, Brasil, con el cv. Early Wonder de remolacha, cultivado en macetas completamente llenas de suelo del tipo Alfisol. El diseño experimental fue bloques al azar, los tratamientos fueron 0, 50, 100, 200 y 400 m³ ha⁻¹ de glicerina, en ausencia y presencia de K (150 mg dm³), con cuatro repeticiones. En el suelo se evaluó la conductividad eléctrica, actividad respiratoria, biomasa microbiana, y K disponible. En las plantas se evaluó altura, número de hojas, masa seca de la parte aérea y de los tubérculos. Dosis de 16 y 90 m³ ha⁻¹ de glicerina, en ausencia y presencia de fertilización con K respectivamente, incrementaron la actividad microbiológica del suelo, la acumulación de potasio en la planta y la producción de materia seca de las plantas de remolacha, pero la aplicación de dosis altas de glicerina promovieron incremento de la salinidad del suelo, disminución de la absorción de K y de la actividad microbiana en el suelo, afectando la nutrición y producción de la remolacha, independientemente de la presencia o no de la fertilización potásica.

Palabras claves: *Beta vulgaris*, subproducto del biodiesel, glicerina, fertilización, salinidad del suelo

Abstract

The objective of this study was to assess the effect of glycerin rates in the absence and presence of potassium fertilization on soil microbial activity, nutrition and production of beet (*Beta vulgaris* L.). The experiment was carried out in a greenhouse at Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brazil, using beet cv. Early Wonder, grown in pots with samples of Alfisol.



II Convención Científica Internacional 2019 Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



The experimental design was randomized block, treatments were 0, 50, 100, 200 and 400 m³ ha⁻¹ of glycerin, in the absence and presence of potassium (150 mg dm⁻³), with four replicates. Electrical conductivity, respiratory activity, microbial biomass, and available K were evaluated in the soil. Plant height, number of leaves, dry mass of the aerial portion and tubers were evaluated t. Glycerin at 16 and 90 m³ ha⁻¹ rates in absence and presence of K fertilization increased the production of beet plants dry matter, but induced salinity at higher rates and promoted reduction in K absorption and the soil microbial activity.

Key words: Beta vulgaris, byproduct of biodiesel, glycerin, fertilization, soil salinity.

Introducción

La glicerina es el subproducto principal de la producción de biodiesel y su composición química depende del tipo de la materia prima usada (Thompson, 2006). En el proceso de producción de biodiésel el hidróxido de sodio se usa como un catalizador de transesterificación para aumentar la velocidad de la reacción química y mejorar el rendimiento industrial. Este procedimiento incluye aproximadamente 1% de sodio en la glicerina cruda (Lammers *et al.*, 2007), que podría afectar el uso de este residuo en la agricultura.

El sodio (Na) es beneficioso para la nutrición de las plantas, puede reemplazar la función del K en el control osmótico, y promueve el crecimiento de la planta (Marschner, 1995), principalmente en especies clasificadas como tolerantes a salinidad, como la remolacha (Aquino *et al.*, 2006). Sin embargo, el exceso de Na puede elevar el contenido de sal y afectar la vida microbiana del suelo (Chávez y González, 2009), reducir la absorción de nutrientes y afectar el metabolismo celular que puede causar desequilibrio osmótico, alteración de las membranas, inhibición de la división y expansión celular, interrupción del equilibrio iónico, disminución de la fotosíntesis (Mahajan y Tuteja, 2005), aumento de la transpiración de la planta y limitar su crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Chen y Jiang, 2010).

Una posibilidad para aumentar la tolerancia de la planta a la glicerina con Na sería aumentar la fertilización con potasio (K), ya que las concentraciones altas del ión K en las plantas aumenta la relación K⁺/Na⁺, asegura el metabolismo celular óptimo y el aumento de crecimiento de la planta incluso bajo estrés salino (Bartels y Ramanjulu, 2005).

Los datos del uso agronómico de la glicerina son escasos, lo que es motivo de atención al considerar el aumento en la oferta de este subproducto, debido a la creciente producción mundial de biodiesel. El conocimiento de su desempeño agronómico puede llevar a su uso eficiente en la producción de cultivos.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la glicerina en la ausencia o presencia de fertilización con K sobre la actividad microbiana del suelo, y la nutrición y producción de remolacha.

Metodología

El estudio se realizó en un invernadero de la Universidad Estatal Paulista, Campus Jaboticabal, Brasil (21° 15' 22" S, 48° 18' 58" O y altitud de 575 m) con el cv. Early Wonder de remolacha, de septiembre a noviembre de 2015. El diseño experimental fue bloques al azar y los tratamientos



II Convención Científica Internacional 2019 Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



fueron las dosis de glicerina: 0, 50, 100, 200 y 400 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ en ausencia y presencia de K (150 mg dm^{-3}), con cuatro repeticiones.

Se usó glicerina cruda diluida al 14 % en agua y KCl como fuente de K (K_2O al 60 %). A cada maceta de 5 dm^3 se agregaron 4 dm^3 de Argissol rojo-amarillo, con textura media, de acuerdo con la clasificación de EMBRAPA (1999). El análisis químico del suelo inicial se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Raij *et al.* (2005), con los siguientes resultados: $\text{pH}=5.1$; $\text{M.O.}=9 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{K}=0.8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}=12 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}=8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $(\text{H}+\text{Al})=20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; SB (Suma de bases)= $20.8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC (Capacidad de intercambio catiónico)= $40.8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; V (Saturación de bases)= 51%.

Las plántulas se obtuvieron en bandejas de semillero con 200 celdas con sustrato a base de vermiculita y después de 30 días se transfirieron a cada maceta. La fertilización básica se incorporó al suelo en la siembra y recibió dosis de urea, superfosfato, sulfato de zinc y ácido bórico para nivelar el N (200 mg dm^{-3}), P (400 mg dm^{-3}), Zn (2 mg dm^{-3}) y B (0.5 mg dm^{-3}), el K se aplicó junto con la fertilización básica antes de plantar.

El preparado de glicerina se aplicó a partir de 10 días después del trasplante, con el objetivo de aplicar una dosis única del producto subdividida en las primeras 4 semanas de desarrollo (se aplicó 25, 50, 100 y 200 ml del preparado con glicerina por maceta semanalmente, distribuido en dos aplicaciones por semana, correspondientes con las dosis de 50, 100, 200 y 400 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ respectivamente), según el diseño experimental. El tratamiento testigo recibió sólo agua. En todos los tratamientos la humedad se mantuvo a 70 % de la capacidad de retención del suelo.

Al final del ciclo de cultivo, 70 días después del trasplante se evaluó la altura de la planta, número de hojas y diámetro de tubérculos. La parte aérea y raíces del tubérculo se lavaron con una solución de detergente y una solución de ácido, ambas con agua destilada y se secaron a 60-70 °C, en un horno con aire forzado, hasta obtener la masa seca. Se cuantificó la masa seca de la sección aérea y de los tubérculos; después, el material se trituro y los análisis químicos se realizaron para determinar el contenido de K en estos órganos, según la metodología descrita por Bataglia *et al.* (1983). Además, se realizó un análisis microbiológico de la capa de suelo de 0 a 10 cm de profundidad. La actividad respiratoria del suelo se determinó con la metodología propuesta por Rezende *et al.* (2004). El carbono de la biomasa microbiana se determinó según la metodología descrita por Ferreira *et al.* (1999). Los análisis químicos de suelo se realizaron para determinar la concentración de K por la metodología descrita por Raij *et al.* (2005) y para medir la conductividad eléctrica. Los datos se sometieron a análisis de varianza, para las variables estudiadas y análisis polinomiales con el programa Sisvar.

Resultados y Discusión

La salinidad del suelo aumentó con ajuste cuadrático como una función de la glicerina con y sin K, a los 70 d después de la aplicación (Figura 1A). Estos resultados pueden estar relacionados con los niveles de sodio en la glicerina, lo que aumenta la salinidad del suelo. Se ha reportado la presencia de Na en la glicerina (Lammers *et al.*, 2007) y el riesgo de salinizar el suelo. Las aplicaciones de glicerina con K aumentaron la concentración de este elemento en el suelo (Figura 1B), porque la fuente usada fue KCl, que es una sal fertilizante, además esto pudiera estar relacionado con la interferencia del sodio en la absorción del potasio, ya relatado en la

literatura (Wang *et al.*, 2007), agregando que en los tratamientos donde se aplicaron los mayores niveles de glicerina, las plantas mantuvieron un crecimiento limitado lo que implicaría un menor consumo de este elemento.

La aplicaciones de glicerina promovieron aumentos cuadráticos en la actividad respiratoria en el suelo, con tasas máximas de 53 y 120 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ sin y con K (Figura 1C), y en el carbono de la biomasa microbiana, que alcanzó máximos a las dosis de 80 y 193 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ sin y con K respectivamente (Figura 1D).

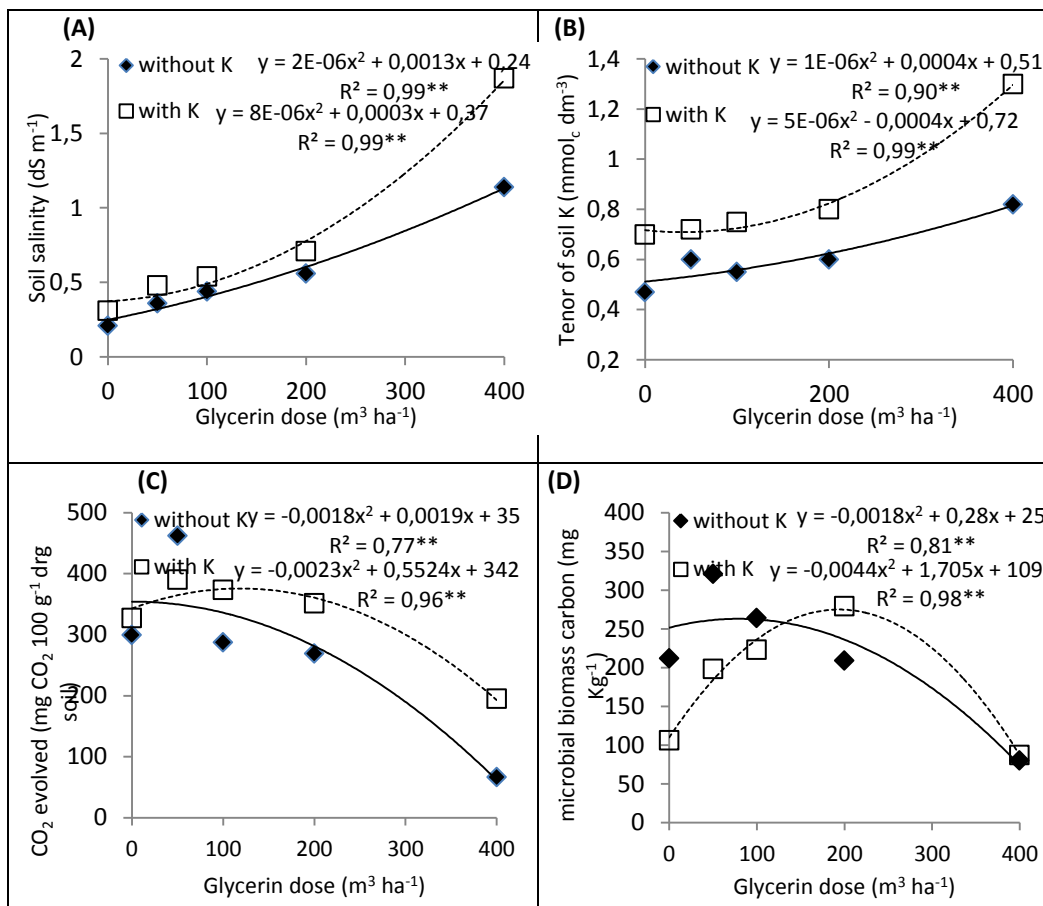


Figura 1. Índice de salinidad del suelo (A), contenido de K (B) en el suelo, actividad respiratorio microbiana en el suelo (C) y carbono de la biomasa microbiana (D) a los 70 días después de aplicar glicerina, en la ausencia y presencia de K en el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris*).

La glicerina aumentó la acumulación de K en los brotes, y el máximo fue con las dosis de 14 y 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, con y sin K respectivamente (Figura 2A) y su acumulación se reflejó en el tubérculo, con un máximo de 59 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, asociado al nutriente. Sin embargo, para los tratamientos sin K la acumulación en el tubérculo presentó un decrecimiento lineal (Figura 2B).

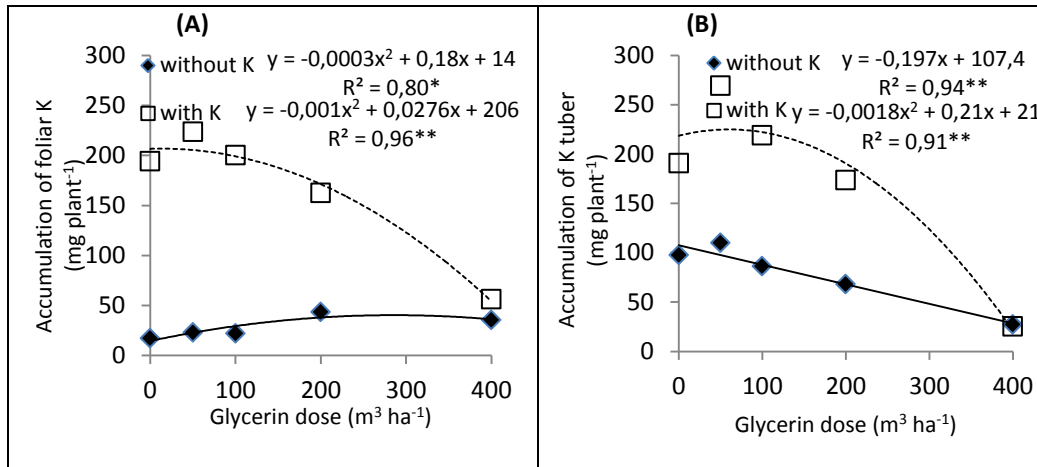


Figura 2. Acumulación de potasio en el brote (A) y tubérculo (B) de plantas de remolacha, 70 d después de aplicar los tratamientos.

Esta reducción en las plantas de remolacha debida al uso de mayores dosis de glicerina probablemente se debió al aumento de la salinidad de este residuo en el suelo (Figura 1A). La concentración de K en las plantas disminuye con el aumento de la salinidad debido a la competencia de los iones Na y K por los acarreadores, por la similitud química de los cationes (Wang *et al.*, 2007).

Al analizar los resultados de la evaluación final (a los 70 días de realizado el trasplante), de las variables de crecimiento vegetativo (altura y masa seca foliar) de las plantas de remolacha (Tabla 1) se observan diferencias significativas entre el uso o no del fertilizante potasio en el sustrato, al igual que entre los niveles de glicerina aplicados, resultando los mejores indicadores en el nivel mínimo de glicerina aplicado (50 m³ ha⁻¹) con diferencias significativas sobre el control y el resto de las dosis aplicadas, y se acentúa el efecto perjudicial de la dosis más elevada de este producto (400 m³ ha⁻¹). En estas variables de crecimiento no se determinó interacción entre los factores estudiados. Varios autores plantean que la reducción del crecimiento de las plantas bajo estrés salino es debido a una alteración en la tasa fotosintética y modificación en el metabolismo de los carbohidratos (Argente *et al.*, 2009).

Las variables de rendimiento productivo (diámetro y masa seca de la raíz tuberosa), presenta resultados similares a los anteriormente descritos, aunque en estas variables se muestra interacción entre el factor potasio y el uso de la glicerina. Lo que demuestra el efecto desfavorable, de la aplicación de altas dosis del subproducto de la producción de biodiesel, en los indicadores productivos de esta especie vegetal, considerada tolerante a la salinidad de los suelos.

Los altos índices de salinidad encontrados en la dosis mayor de glicerina aplicada, influyen negativamente en el ritmo de crecimiento y desarrollo de los cultivos, incluso para la remolacha, que es considerada una especie de planta tolerante a la salinidad de los suelos (Chávez y González, 2009).



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



A los 70 días de iniciada la aplicación, todas las variables muestran un crecimiento con ajuste cuadrático, ante el aumento de las dosis de glicerina, independientemente de la presencia o no del potasio. Se obtuvieron MET (Máxima Eficiencia Técnica) de 28; 60; 54; 45; 5 y 16 m³ ha⁻¹, para la altura, número de hojas, diámetro de la raíz tuberosa, materia seca foliar, materia seca de la raíz tuberosa y materia seca total respectivamente, en la variante sin potasio; en tanto en presencia de potasio los valores de MET, para estas mismas variables fueron: 13; 80; 82; 25; 83; y 90 m³ ha⁻¹ de glicerina respectivamente, conforme a lo indicado en las regresiones (Figura 4)

Tabla 1. Crecimiento y rendimiento de remolacha (*Beta vulgaris*) a los 70 d después de aplicar los tratamientos. Jaboticabal-SP, Brasil.

Tratamientos	Altura (cm)	Nro de hojas	Diámetro tubérculo (cm)	Materia seca foliar (g vaso ⁻¹)	Materia seca tubérculo (g vaso ⁻¹)
Sin	32.85 b	12.50 b	48.9 b	5.78 b	8.82 b
Con	35.05 a	14.05 a	52.4 a	6.90 a	10.27 a
DMS	1.849	0.738	2.237	0.748	0.683
Potasio (K)	5.96**	18.55**	10.30**	9.56**	18.91**
0	35.87 ab	13.25 a	53.37 b	6.42 ab	10.67 b
50	38.25 a	14.75 a	61.62 a	8.06 a	13.75 a
100	36.00 ab	13.62 a	56.12 b	7.18 ab	10.93 b
200	32.87 b	13.25 a	51.75 b	5.96 b	9.75 b
400	26.75 c	11.50 b	30.37 c	4.10 c	2.62 c
DMS	4.165	1.662	5.037	1.684	1.538
Glicerina (G)	19.54**	8.41**	95.88**	13.29**	124.2**
K x G	1.13ns	1.62ns	4.91**	1.01ns	4.96**
CV (%)	8.4	8.6	6.8	18.2	11.0

Medias con letras diferentes en las columnas difieren por la prueba de Tukey (P <0,05). **: * y ns: significativo (P <0.01); (P <0,05), no significativo, respectivamente. DMS = diferencia mínima significativa.

El uso de dosis altas de glicerina perjudicó el cultivo, porque limita la acumulación de MS total de la planta, en especial con dosis superiores a 16 y 90 m³ ha⁻¹ en ausencia y presencia de K respectivamente (Figura 4F). La mayor disminución en la MS de la planta debido a la glicerina se produjo sin K, probablemente por el aumento de la concentración de Na en las plantas que indujo reducción más severa en K, afectó el equilibrio iónico y la reducción del desarrollo de las plantas (Khoshgofermanesh y Naeini, 2008).

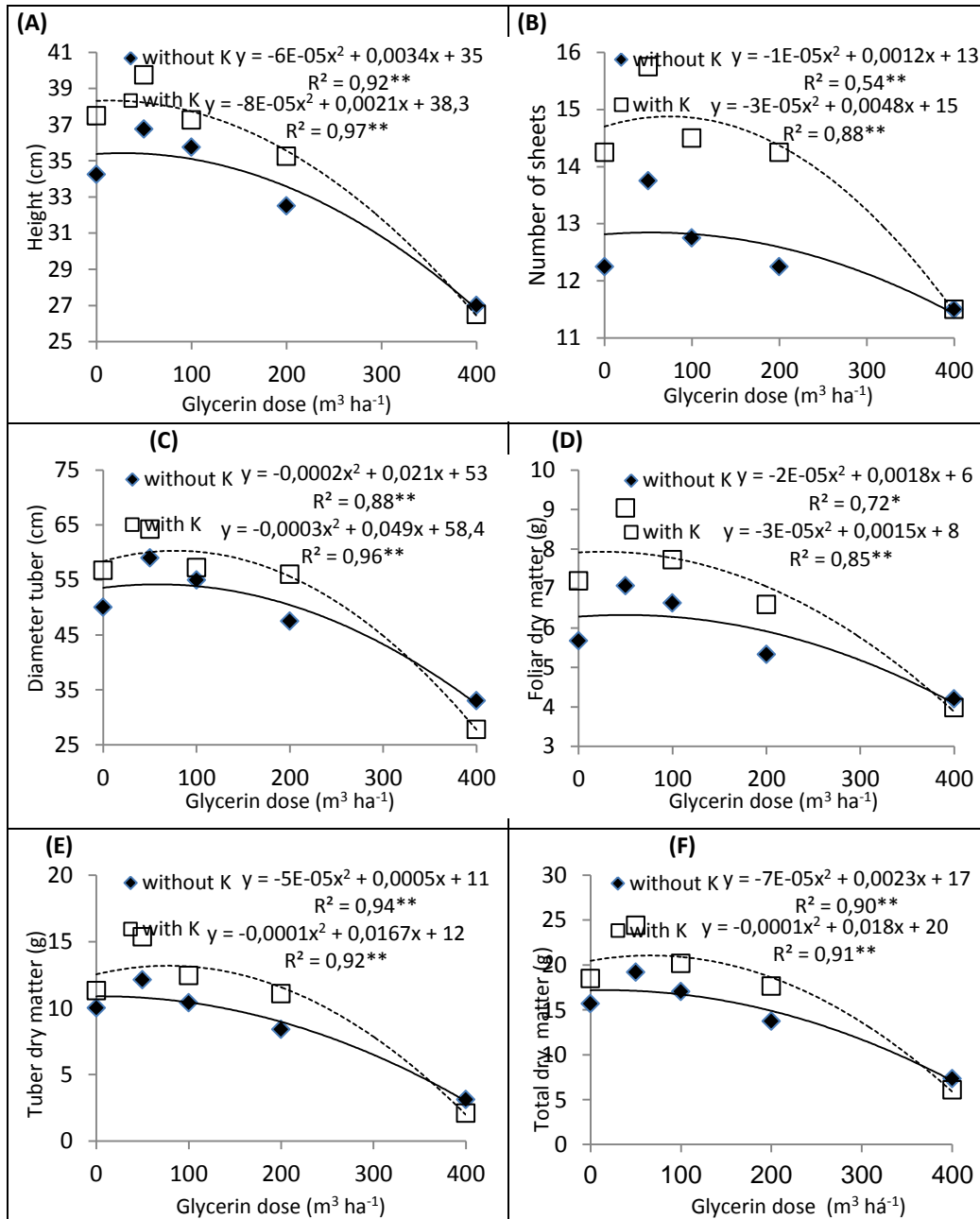


Figura 4. Altura de planta (A), número de hojas (B), diámetro de la raíz tuberosa (C), materia seca de la hoja (D), peso seco de la raíz tuberosa (E) y materia seca total (F) de plantas de remolacha (*Beta vulgaris*).

La tolerancia de las plantas de remolacha a la glicerina fue mayor cuando se combinó con fertilización de K, ya que hubo alta acumulación de este elemento en la planta, lo cual influye en el mantenimiento de la homeostasis iónica, un proceso de importancia vital en el funcionamiento de la célula vegetal, con respecto a esto se ha reportado (Bartels y Ramanjulu, 2005) la



II Convención Científica Internacional 2019 Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



necesidad de mantener altas las concentraciones del ión potasio, ante el estrés salino, para mantener la relación K^+/Na^+ apropiada, y asegurar el metabolismo celular adecuado y el crecimiento de la planta y en este caso evita que se manifiesten los efectos tóxicos del exceso de sodio aplicado conjuntamente con la glicerina.

Conclusiones

La glicerina, a dosis bajas (16 y $90\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$, en ausencia y presencia de la fertilización con K, respectivamente), incrementan la actividad microbiológica del suelo, la acumulación de potasio en las plantas y aumenta la producción de MS de las plantas de remolacha. Pero dosis más altas inducen la salinidad del suelo, disminuye la absorción de K y la actividad microbiana del suelo, afectándose la nutrición, crecimiento y productividad de las plantas de remolacha.

Bibliografía citada

1. Thompson JC, He BB. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feed stocks. *Appl. Engin. Agric.* 2006; 22: 261-265.
2. Lammers PJ, Honeyman MS, Bregendahl K, Kerr B, Weber T. Energy value of crude glycerol fed to pigs. *Iowa State University Animal Industry Report [Internet]*. 2007. [citado 14 octubre 2014] Disponible em : <http://www.ans.iastate.edu/report/air/2007pdf/R2225.pdf>.
3. Marschner H. *Mineral Nutrition of Higher Plant*. Academic Press; London UK. 1995.
4. Aquino LA, Puiatti M, Pereira PRG, Pereira FHF, Ladeira IRM, Castro RS. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. *Hortic. Bras.* 2006; 24: 199-203.
5. Chávez L, González LM. Mecanismos moleculares involucrados en la tolerancia de las plantas a la salinidad. *ITE Agraria*. 2009; 15: 231-256.
6. Mahajan S, Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Arch. Biochem. Biophys.* 2005; 444: 139-158.
7. Chen H, Jiang J. Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environ. Rev.* 2010; 18: 309-319.
8. Bartels D, Ramanjulu S. Drought and salt tolerance in plants. *Plant Sci.* 2005; 24: 23-58.
9. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Produção de Informações. Brasília, Brasil. 1999.
10. Raij B, Andrade JC, Cantarella H, Quaggio JA. Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agronômico. Campinas, Brasil. 285 p; 2005.
11. Bataglia OC, Furlani AMC, Teixeira JPF, Furlani PR, Gallo JR. Métodos de análise química de plantas. Instituto Agronômico, Boletim Técnico 78. Campinas, Brasil. 48 p. 1983.
12. Rezende LA, Assis LC, Nahas E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. *Biores. Tech.* 2004; 94: 159-167.
13. Ferreira AS, Camargo FAO, Vidor C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *Rev. Bras. Ciência Solo*. 1999; 23: 991-996.



II Convención Científica Internacional 2019
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD



14. Wang SM, Zhang JL, Flowers TJ. Low-affinity Na⁺ uptake in the halophyte Suaeda maritima. *Plant Physiol.* 2007; 145: 559-571.
15. Argente L, López DR, González LM, López RC, Gómez E, Girón R, Fonseca I. Contenido de clorofila e iones en la variedad de trigo harinero Cuba-C-2004, en condiciones de estrés salino. *Cultivos Trop.* 2009; 30: 32-37.
16. Khoshgoftermanesh AH, Naeini MR. Salinity effect on concentration, uptake, and relative translocation of mineral nutrients in four olive cultivar. *J. Plant Nutr.* 2008; 31: 1243-1256.