

COBALTO INCREMENTA LA LONGITUD DE RAÍZ DE PLANTAS DE FRESA, EN CONDICIONES DE ESTRÉS POR SEQUÍA

¹Lorena Ortiz Díaz, loreortiz648@gmail.com

²Sara Monzerrat Ramírez Olvera, ramirez.sara@colpos.mx

³Disraeli Eron Moreno Guerrero, moreno.disraeli@colpos.mx

⁴Carlos Antonio Zaragoza Espiridión, al18127609@chapingo.mx

⁵Vargas Perea María del Pilar, al18126175@chapingo.mx

⁶Muñoz Román Beyanira, al18117727@chapingo.mx

RESUMEN

La sequía es uno de los factores de mayor impacto en el crecimiento vegetal, al alterar procesos fisiológicos de suma importancia, como la fotosíntesis. La aplicación de elementos no esenciales, como es el cobalto (Co), mejora la tolerancia a factores de estrés biótico y abiótico, sin embargo, son pocos los estudios del efecto de elementos no esenciales en el crecimiento vegetal. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar la aspersión foliar de 0, 50, 100 y 150 μM Co a plantas de fresa cv. Festival. Las plantas de fresa se colocaron en bolsas de polietileno negro de 30 x 30 cm, en cuyo interior contenían tezontle cernido, posteriormente las plantas se regaron con solución nutritiva Steiner, y a los 20 días posteriores se suspendió el riego diario, y se comenzó a regar cada dos días. Al mismo tiempo se iniciaron los tratamientos de Co. Se realizaron tres aspersiones, cada 7 días. A los 21 después del inicio de tratamientos, se registraron las variables altura de planta diámetro de corona, número de hojas, botones, flores, estolones, y el peso de biomasa fresa de parte área y raíz. La aplicación de Co, a plantas de fresa en condiciones de estrés por sequía, no modificó la altura de planta, el diámetro de corona, número de hojas, peso de biomasa fresca de parte área, y el número de botones y estolones. Mientras que redujo el número de flores y el peso de biomasa fresca de raíz e incrementó la longitud de raíz. El Cobalto modifica el crecimiento de plantas de fresa cv. Festival en condiciones de estrés por sequía.

PALABRAS CLAVE

Cultivares Festival
Dosis respuesta
Fragaria ×
ananassa

ABSTRACT

Drought is one of the factors with the greatest impact on plant growth, by altering physiological processes of great importance, such as photosynthesis. The application of non-essential elements, such as cobalt (Co), improves tolerance to biotic and abiotic stress factors, however, there are few studies on the effect of non-essential elements on plant growth. In this sense, the objective of this research was to evaluate the foliar spray of 0, 50, 100 and 150 μM Co to strawberry plants cv. Festival. The strawberry plants were placed in black polyethylene bags of 30 x 30 cm, inside which they contained sieved tezontle, later the plants were watered with Steiner nutrient solution, and 20 days later daily irrigation was suspended, and watering began every two days. At the same time, the Co treatments were started. Three sprays were carried out, every 7 days. At 21 days after the start of treatments, the variables plant height, crown diameter, number of leaves, buttons, flowers, stolons, and the weight of strawberry biomass in area and root were recorded. The application of Co, to strawberry plants under drought stress conditions, did not modify plant height, crown diameter, number of leaves, fresh biomass weight of part area, and number of buds and stolons. While it reduced the number of flowers and the weight of fresh root biomass and increased root length. Cobalt modifies the growth of strawberry plants cv. Festival under drought stress conditions.

KEYWORDS

Dose response
Festival cultivars
Fragaria ×
ananassa

1, 5, 6. Universidad Autónoma Chapingo. Estudiantes de Ingeniería Agronómica Especialista en Fitotecnia.

2. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Docente del área de Edafología.

3. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Estudiante de doctorado.

4. Universidad Autónoma Chapingo. Estudiante de Ingeniería en Parasitología Agrícola.

I. INTRODUCCIÓN

La escasez actual de agua es uno de los principales problemas mundiales y, según las proyecciones del cambio climático, será más crítica en el futuro. Dado que la disponibilidad y accesibilidad del agua son los factores limitantes más importantes para la producción de cultivos, es indispensable abordar este problema en las áreas afectadas por la escasez de agua (Mancuso, 2015). Además, como resultado del aumento de la escasez de agua y la sequía debido al cambio climático (Jiménez et al., 2014), se espera que ocurra un uso extensivo del agua para riego en el contexto de una competencia creciente entre la agricultura y otros sectores de la economía.

En el sector agrícola, el concepto de “eficiencia en el uso del agua” se utiliza a menudo para resaltar la relación entre el desarrollo del crecimiento de los cultivos y la cantidad de agua utilizada. Mientras que, la productividad del agua se expresa como la producción agrícola por unidad de agua aplicada, desviada o consumida (lluvia y/o riego), para producir un cultivo (Playán y Mateos, 2006). Como señalan Playán y Mateos (2006), un aumento en la productividad del agua mejora las ganancias en el rendimiento de los cultivos, al tiempo que reduce la cantidad de agua de riego que contribuye a pérdidas irreversibles. El aumento de la productividad del agua podría ser la solución a las necesidades alimentarias que acompañan al crecimiento poblacional proyectado (Mancuso, 2015).

México es el 3° productor mundial de fresa con 557, 514 toneladas anuales en 2020; en el mismo año exportó 306 mil 520 toneladas de fresa, equivalente a 935 millones de dólares. Cuenta con un área de cultivo que representa el 31.7% de la plantación global. La participación de la fresa en la producción nacional de frutos es de 2.3%. Los principales estados productores son Michoacán, Baja California y Guanajuato (SIAP, 2021).

La fresa es uno de los cultivos que requiere riego para producir un rendimiento óptimo. En regiones con escasas precipitaciones de verano y recursos hídricos limitados para riego, la fresa puede experimentar déficits hídricos. Este problema puede limitar el cultivo de fresas (Ghaderi y Siosemardeh, 2011). Las plantas de fresa parecen verse afectadas por la

sequía y los genotipos difieren en su respuesta a la deficiencia de agua (Klamkowski y Treder, 2008). En las plantas de fresa expuestas a la sequía, el cierre de los estomas puede estar mediado por un rápido aumento en la síntesis de ácido abscísico (ABA) en la raíz y el suministro de ABA desde las raíces en la corriente de transpiración (Blanke y Cooke, 2004). Las características tolerantes a la sequía de algunos cultivares de fresa, como el ajuste osmótico, el área foliar pequeña y la baja tasa de transpiración, son beneficiosas para la selección de cultivares que toleran la sequía (Grant et al., 2010). La prolina, los aminoácidos libres y los carbohidratos solubles a menudo aumentan en las hojas con estrés hídrico y están involucrados en la regulación osmótica (Pinheiro et al., 2004).

El cobalto es un metal pesado que se encuentra naturalmente en muchas formas químicas diferentes en nuestro medio ambiente. Sin embargo, es un elemento esencial tanto para las plantas como para los animales, pero se informa que el Co en concentraciones altas es tóxico (Jayakumar y Vijayarengan, 2006). El cobalto, como uno de los elementos beneficiosos, parece tener un efecto positivo en las plantas superiores para soportar condiciones de estrés hídrico. Egrove (2000), mostró que la aplicación de cobalto al suelo (3 mg/kg de suelo seco) aumentó el contenido de agua de las hojas y disminuyó el déficit de agua durante el día en plantas de tomate y hojas de patata. De forma similar, Gad et al. (2019) demostraron que a medida que aumentaron los niveles de cobalto en los medios vegetales, los valores de consumo de agua disminuyeron bajo diferentes tasas de agua de riego (100%, 80% y 60%), además, cobalto a 12 ppm aumentó algunos constituyentes fisiológicos del frijol y algunos constituyentes químicos bajo diferentes niveles de agua irrigada, concluyendo que, el cobalto ayuda a las plantas de frijol a tolerar un déficit hídrico de hasta el 60 % de sus necesidades hídricas. Sin embargo, dosis altas de Co pueden tener resultados adversos, como reportaron Jaleel et al. (2009), donde los parámetros de crecimiento, contenido de pigmentos, bioquímicos y contenido de minerales en plantas de maíz disminuyeron con niveles de cobalto mayores a 100 mg kg⁻¹ en el suelo en comparación con el tratamiento control.

En este estudio, se investigó la respuesta de la aplicación de diferentes concentraciones de cobalto en plantas de fresa sometidas a estrés por sequía, con el objetivo de analizar la eficiencia del uso de agua de plantas de fresa bajo la exposición a Cobalto en bajas y altas concentraciones. Para ello, se midieron parámetros de crecimiento y rendimiento.

II. METODOLOGÍA

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero tipo capilla en el Campo Agrícola Experimental de Fito-tecnia, Campo Xaltepa, ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada en el Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, México. El periodo en el que se desarrolló el experimento fue del 1 de abril de 2022 al 11 de mayo de 2022.

Se utilizaron 24 bolsas de polietileno negro de 30 x 30 cm, las cuales se llenaron con tezontle, previamente cernido. Posteriormente se colocaron los estolones de fresa cv. Festival en cada bolsa, y se regaron con solución nutritiva Steiner al 50%. 20 días después de establecidas las fresas, se suspendió el riego diario, sometiendo las plantas a estrés por sequía, para lo cual se regaron cada dos días con solución nutritiva de Steiner al 50%. Al mismo tiempo se comenzaron los tratamientos con cobalto, que consistieron en 0, 50, 100 y 150 μM Co, a partir de cloruro de cobalto. Se realizaron tres aspersiones, una aspersión cada siete días. A los 21 días después del inicio de tratamientos, las plantas se retiraron del sustrato, se lavaron y se registró la altura de planta, el diámetro de corona, número de hojas, flores, botones, estolones y frutos.

Con los datos obtenidos en cada variable, se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey, en el paquete estadístico SAS versión 9.

III. RESULTADOS

La sequía es uno de los factores ambientales más comunes que afectan el crecimiento y la productividad de las plantas (Klamkowski y Treder, 2008). El cobalto, como uno de los elementos beneficiosos, parece tener un efecto positivo en las plantas superiores para soportar condiciones de estrés hídrico.

Como se observa en el cuadro 1, la aplicación de Co en 50, 100 y 150 μM a plantas de fresa sometidas a estrés por sequía, no presentó ningún efecto significativo sobre las variables: altura, diámetro de corona, número de hojas y biomasa aérea en comparación con el tratamiento testigo.

En contraparte, en otras investigaciones se reporta que altas concentraciones de cobalto, a plantas de maíz a concentraciones de 20 mg L⁻¹, reduce el crecimiento y desarrollo (Gad y El-Metwally, 2015). Así mismo, Silva, et al. (2022) reportaron que, la aplicación de cobalto en alta concentración disminuyó el número de hojas en caña de azúcar. Sin embargo, estos resultados contrastan con lo indicado por autores como Gad et al. (2016) quienes indicaron que el cobalto a 6 mg L⁻¹, promueve todos los parámetros de crecimiento de las plantas de repollo, como la altura de la planta, el diámetro de la roseta, el diámetro del tallo, la cantidad de hojas adicionales por planta y el peso fresco de la planta de manera significativa en la etapa vegetativa.

Cuadro 1.

Influencia de la aplicación de cobalto (0, 50, 100 y 150 μM) en las variables de crecimiento, en plantas de fresa sometidas a estrés por sequía a los 41 días después del trasplante.

Co (μM)	Altura de planta (cm)	Diámetro de corona (cm)	Número de hojas	PBFPA (g)
0	7.16 \pm 0.93 a	1.66 \pm 0.17 a	4.00 \pm 0.00 a	3.83 \pm 0.45 a
50	7.14 \pm 0.53 a	1.32 \pm 0.16 a	4.20 \pm 0.49 a	4.48 \pm 0.32 a
100	8.16 \pm 0.52 a	1.21 \pm 0.09 a	4.00 \pm 0.41 a	4.60 \pm 0.60 a
150	8.27 \pm 0.32 a	1.26 \pm 0.15 a	5.20 \pm 0.58 a	4.56 \pm 0.76 a

PBFPA: Peso de Biomasa Fresca de Parte aérea. Medias \pm EE con letras diferentes en cada columna por órgano indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

La aplicación de 50, 100 y 150 μM Co, disminuye significativamente el número de flores por planta de fresa en un 46.68, 70 y 66.68%, respectivamente, en comparación con el tratamiento testigo (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Sarma et al. (2014), quienes encontraron un efecto adverso del Co sobre el porcentaje de germinación en trigo cuando se aplicó en 300, 400 y 500 ppm.

En cuanto a botones florales y número de esquejes, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento testigo y la aplicación de 50, 100 y 150 μM Co.

Cuadro 2.

Número de flores, botones y estolones en plantas de fresa tratadas vía foliar con diferentes concentraciones de Co (0, 50, 100 y 150 μM) y sometidas a estrés por sequía, a los 41 días después del trasplante.

Co (μM)	Número de flores	Número de botones	Número de estolones
0	5.00 \pm 0.00 a	2.00 \pm 1.00 a	4.00 \pm 0.15 a
50	2.66 \pm 0.67 b	1.50 \pm 0.29 a	4.20 \pm 0.15 a
100	1.50 \pm 0.29 b	2.00 \pm 1.00 a	4.00 \pm 0.11 a
150	1.66 \pm 0.33 b	1.75 \pm 0.25 a	5.20 \pm 0.30 a

Medias \pm EE con letras diferentes en cada columna por órgano indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

Estos resultados, pueden atribuirse a una disminución en la fotosíntesis en las plantas de fresa sometidas a sequía, más el estrés por la aplicación de Co en concentraciones altas. La disminución de la fotosíntesis en plantas estresadas por sequía puede atribuirse tanto a factores estomáticos (cierre estomático) como no estomáticos (deterioro de los procesos metabólicos). En la actualidad, la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que el cierre de estomas y el déficit de CO₂ resultante es la causa principal de la disminución de la fotosíntesis bajo estrés leve y moderado (Flexas y Medrano, 2002), mientras que los cambios en las reacciones fotosintéticas se consideran un factor predominante que conduce a la restricción de la fotosíntesis bajo estrés por sequía severa (Yordanov et al., 2003). Se ha documentado que el Co en bajas concentraciones puede ayudar a la apertura de estomas y el intercambio gaseoso, sin embargo, en dosis superiores causa un efecto adverso; Silva et al. (2022) reportó que, para el cultivo de caña, la aplicación foliar de Co incrementó significativamente la conductancia estomática en ambos momentos de evaluación (30 y 120 días después del tratamiento). Se observó una mayor respuesta al Co a la dosis de 0,58 g Co ha⁻¹, disminuyendo la conductancia estomática a mayores concentraciones de Co.

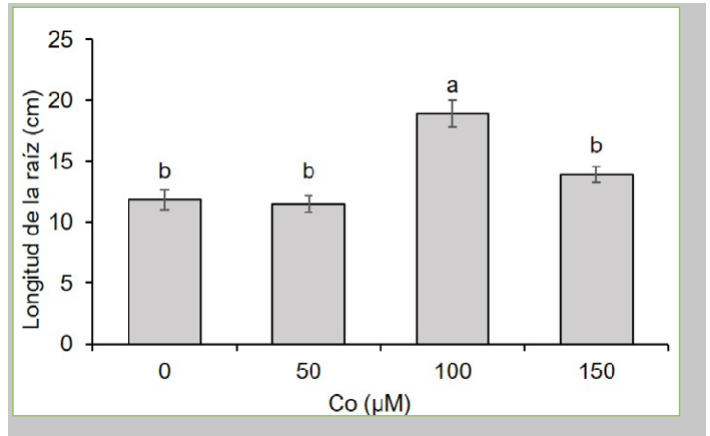
Respecto al crecimiento de raíz, los resultados indicaron que la aplicación de Co en 100 μM , aumentó significativamente la longitud de la raíz de las plantas de fresa que se sometieron a estrés por sequía, aumentando un 59.54 % respecto al tratamiento control (Figura 1). Estos resultados concuerdan con lo indicado por Jaleel et al. (2009), quienes reportaron que la mayor longitud de raíces se observó con 50 mg kg⁻¹ con un aumento respecto al control del 16.40%. Sin embargo, en dosis mayores disminuyó el efecto promotor, presentándose los valores más bajos con 250 mg K⁻¹ disminuyendo la longitud de raíz en 37.12%. Lo mismo sucede con el estudio de Liu et al. (1995), donde el crecimiento de las raíces de cebolla aumentó significativamente con la adición de cobalto a 3 kg por hectárea.

En contraste a lo reportado anteriormente, la aplicación de 100 μM de Co disminuyó significativamente el volumen y biomasa de raíz en un 43.62 y 51.38 %, respectivamente, en comparación con el tratamiento control (Cuadro 3). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Gad y El Metwally (2015), donde la aplicación de cobalto en concentraciones de 15 a 17, 5 y 20 ppm, en plantas de maíz, aumentaron sus parámetros de crecimiento como peso seco y fresco de las raíces.

La aplicación de Co en 50 y 150 μM en plantas de fresa, no tuvieron un efecto significativo en la longitud, volumen y biomasa de raíz, respecto al control.

Figura 1.

Efecto de la aplicación foliar de cobalto en diferentes concentraciones (0, 50, 100 y 150 μM) en la longitud de raíz (cm) de plantas de fresa sometidas a estrés por sequía, 41 días después del trasplante. Medias \pm EE con letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).



Cuadro 3.

Efecto de la aplicación foliar de cobalto en diferentes concentraciones (0, 50, 100 y 150 μM) en el crecimiento de la raíz de plantas de fresa sometidas a estrés por sequía.

Co (μM)	Volumen de raíz (cm ³)	PBFR (g)
0	10.20 \pm 1.02 a	10.90 \pm 0.94 a
50	8.25 \pm 0.63 ab	7.10 \pm 0.55 ab
100	5.75 \pm 0.63 b	5.30 \pm 0.75 b
150	9.00 \pm 0.93 ab	10.75 \pm 1.24 a

PBFR: Peso de Biomasa Fresca de Parte aérea. Medias \pm EE con letras diferentes en cada columna por órgano indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$).

IV. CONCLUSIONES

La aplicación foliar de cobalto en las dosis de 50, 100 y 150 μM , alteró el crecimiento de plantas de fresa sometidas a estrés por sequía. La aplicación de Co, no modifica la altura de planta, el diámetro de corona, número de hojas, peso de biomasa fresca de parte aérea, y el número de botones y estolones respecto al testigo. Mientras que disminuyó el número de flores y el peso de biomasa fresca de raíz. La aplicación de 100 μM de Co incrementó significativamente la longitud de raíz de acuerdo al testigo. El Cobalto modifica el crecimiento de plantas de fresa cv. Festival en condiciones de estrés por sequía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanke, M. M. y Cooke D.T. (2004). Effect of flooding and drought on stomatal activity, transpiration, photosynthesis, water potential and water channel activity in strawberry stolons and leaves. *Plant Growth Regulation*, 42(2), 153-160.
- Flexas, J. y Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of botany*, 89(2), 183-189.
- Gad, N., Abdel, Moez. M. R. y Ali, M. F. (2019). Maximization of drought tolerance of bean plants using cobalt supplementation: b-physiological and chemical contents in plants. *Plant Archives*, 19(2), 2282-2287.
- Gad, N., Hala, K. y Nagwa, M. K. H. (2016). Influence of cobalt on cabbage (*Brassica rapa* L.) yield characteristic. *Int J Pharma Tech Res*, 9(12), 184-189.
- Gad, N. y El-Metwally, I. M. (2015). Chemical and physiological response of maize to salinity using cobalt supplement. *International Journal of ChemTech Research*, 8(10), 45-52.
- Ghaderi, N. y Siosemardeh, A. (2011). Response to drought stress of two strawberry cultivars (cv. Kurdistan and Selva). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52(1), 6-12.
- Grant, O. M., Johnson, A. W., Davies, M. J., James, C. M. y Simpson, D. W. (2010). Physiological and morphological diversity cultivated strawberry (*Fragaria × ananasa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 68(3), 264-272.
- Jayakumar, K. y Vijayarengan, P. (2006). Influence of zinc on seed germination and seedling growth of *Vigna mungo* L. Hepper. *Plant Archives*, 6(2), 681-682.
- Jaleel, C. A., Changxing, Z., Jayakumar, K. y Iqbal, M. (2009). Low concentration of cobalt increases growth, biochemical constituents, mineral status and yield in *Zea mays*. *Journal of Scientific Research*, 1(1), 128-137.
- Jiménez, C. B.E., Oki, T., Arnell, N.W., Benito, G., Cogley, J. G., Döll, P., Jiang, T., Mwakalila, S. S. (2014). Freshwater resources. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Field, C.B., Barro, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova R.C., et al. Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2014; pp. 229-269.
- Klamkowski, K. y Treder, W. (2008). Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *J Journal of fruit and ornamental plant research*, 16, 179-188.
- Liu, D., Zhai, L., Jiag, W. y Wang, W. (1995). Effect of Mg, co and Hg on nucleus in root tip cells of *Allium cepa*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 55(5), 779-787.
- Mancosu, N., Snyder, L., Kyriakakis, G. y Spano, D. (2015). Water scarcity and future challenges for food production. *Water*, 7(3), 975-992.
- Pinheiro, C., Passarinho, J. A. y Ricardo, C. P. (2004). Effect of drought and rewatering on metabolism of *Lupinus albus* organs. *Journal of plant physiology*, 161(11), 1203-1210.
- Playán, E. y Mateos, L. (2006). Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. *Agricultural water management*, 80(1-3), 100-116.
- Sarma, B., Devi, P., Gogoi, N. y Devi, Y. M. (2014). Effects of cobalt induced stress on *Triticum aestivum* L. crop. *Asian J AgriBiol*, 2(2), 137-147.
- SIAP. (2021). Panorama Agroalimentario 2021. https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021
- Silva, D. P., Johnson, R. M. y Crusciol, C. A. C. (2022). The Effects of Cobalt on Sugarcane Growth and Development in Plant Cane and Two Ratoon Crops. *Sugar Tech*, 1-12.
- Yordanov, I., Velikova, V. y Tsonev, T. (2003). Plant responses to drought and stress tolerance. *BULG. J. PLANT PHYSIOL., Special Issue*, 187-206.

