

Año 13, PCTI 206-2022-05-07

Efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva en toronjil morado

María Guadalupe López-Rodríguez¹, Héctor Sotelo-Nava^{2*}, Oscar Gabriel Villegas-Torres¹, María Andrade-Rodríguez¹, Teresa de Jesús Rodríguez-Rojas³

Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Chamilpa, C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos, México. ¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, ²Dirección General de Desarrollo Sustentable. ³Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc. hector.sotelo@uaem.mx

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias.

Abstract

The aim of this research was to determine the osmotic potential of the nutrient solution -0.028, -0.043, -0.057, -0.072, -0.086, -0.100 and -0.115 MPa, with respect to the standard reported by Steiner (-0.072 MPa, 1984), that promote vegetative growth and dry matter production in *Agastache mexicana* ssp. mexicana (Kunt) Lint & Epling. Seven treatments corresponding to each of the osmotic potentials evaluated in the experiment were carried out. The experimental design was completely randomized with ten repetitions per treatment, a black polyethylene container (3.24 L) with a plant was used. The substrate was a mixture of red tezontle, pine leaves, and coconut dust (6:3:1, v: v: v). Irrigation was applied every third day, alternating between water and nutritive solution (500 ml per plant). The results indicated that the plants nourished with the -0.115 MPa solution with respect to Steiner's (-0.072 MPa, 1984) showed a highly significant increase in the leaf area, stem and leaf dry matter and total dry matter, while the dry matter distribution was as follows: 31 % root, 30 % stem and 39 % leaves. According to cost-benefit, it is recommended to use the nutrient solution at -0.115 MPa. **Key Words:** Toronjil morado, universal nutrient solution, Steiner, electric conductivity, mineral nutrition, dry matter.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue determinar el potencial osmótico de la solución nutritiva -0.028, -0.043, -0.057, -0.072, -0.086, -0.100 y -0.115 MPa, respecto al estándar reportado por Steiner (-0.072 MPa, 1984) que promoviera el crecimiento vegetativo y la producción de materia seca en *Agastache mexicana* ssp. mexicana (Kunt) Lint & Epling. Se tuvieron siete tratamientos correspondientes a cada uno de los potenciales osmóticos evaluados en el experimento. El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento, se utilizó un contenedor de polietileno negro (3.24 L) con una planta. El sustrato fue una mezcla de tezontle rojo, ocochal de pino y polvillo de coco (6:3:1, v: v: v). Los riegos se aplicaron cada tercer día alternando entre agua y solución nutritiva (500 ml por planta). Los resultados indicaron que las plantas nutridas con la solución de -0.115 MPa, con respecto a la de Steiner (-0.072 MPa, 1984), presentaron incremento altamente significativo en el área foliar, materia seca de tallo, hojas y materia seca total, mientras que la distribución de la materia seca fue la siguiente: 31 % raíz, 30 % tallo y 39 % hojas. De acuerdo con el costo-beneficio se recomienda utilizar la solución nutritiva a -0.115 MPa. **Palabras clave:** Toronjil morado, solución nutritiva universal, Steiner, conductividad eléctrica, nutrición mineral, materia seca.

Problemática

El toronjil morado (*Agastache mexicana* ssp. mexicana) es una especie de alta demanda comercial por su uso medicinal; a pesar de ello, es escasa la superficie cultivada además de que el rendimiento es bajo. Se desconoce el potencial osmótico de la solución nutritiva de Steiner (1984) que dé el mejor costo-beneficio en el crecimiento de las plantas de toronjil morado y la producción de materia seca.

Usuarios

Productores de plantas medicinales y aromáticas de las diferentes regiones del país. Investigadores,

Tabla 1. Respuesta del toronjil morado al potencial osmótico de la solución nutritiva.

POTENCIAL OSMÓTICO (MPa)	CRC (SPAD)	LT (cm)	DT (mm)	VR (g)	MSR (g)
-0.028	44.66 a	48.50 a	4.40 a	41.80 a	5.05 a
-0.043	45.24 a	53.30 a	4.60 a	49.00 a	6.10 a
-0.057	44.63 a	45.20 a	4.30 a	35.00 a	4.95 a
-0.072	43.29 a	43.80 a	4.00 a	40.50 a	5.41 a
-0.086	42.10 a	50.50 a	4.40 a	37.50 a	4.27 a
-0.100	43.48 a	46.00 a	4.10 a	41.50 a	4.93 a
-0.115	48.26 a	51.30 a	4.60 a	40.50 a	5.94 a
DMS	5.04	8.6	0.97	9.66	1.52
C.V. (%)	12.68	19.86	25.05	26.49	32.56

Medias con la misma literal en columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de medias LSD ($p \leq 0.05$). Potencial Osmótico de la solución nutritiva; CRC: contenido relativo de clorofila; LT: longitud de tallo; DT: diámetro de tallo; VR: volumen de raíz; MSR: Materia seca de raíz; DMS: diferencia mínima significativa; C.V.: coeficiente de variación.

promotores de conservación o domesticación de especies de flora en el país. Dependencias estatales o nacionales afines al desarrollo agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Introducción

La solución nutritiva influye significativamente en el crecimiento y calidad de los productos vegetales (Villegas-Torres et al., 2005; Sambo et al., 2019). Se ha reportado el beneficio de la concentración de la solución nutritiva sobre parámetros del crecimiento y el contenido de compuestos bioactivos, como en el caso de *A. rugosa* nutrida con la solución de Hoagland a -0.144 MPa, en comparación con soluciones con menor potencial osmótico (Vu-Phong et al., 2020). También en *Thymus vulgaris* L. la solución nutritiva universal (Steiner, 1984) a -0.072 MPa incrementó significativamente el contenido de aceite esencial y el crecimiento con respecto a la solución a -0.36 MPa (Guerrero-Lagunes et al., 2011). Los antecedentes anteriores indican la posibilidad de modificar el crecimiento y acumulación de materia seca en *Agastache mexicana* mediante la variación de la concentración de la solución nutritiva de Steiner (1984).

(granulometría 0.5-1.0 cm de diámetro), 30 % ocochal de pino y 10 % polvo de coco. El sustrato se solarizó por 7 días y se aplicó óxido de silicio. Los contenedores se desinfectaron con 2 mL L⁻¹ de Anibac® (i.a. cuaternario de amonio). Con la finalidad de prevenir la pudrición de raíz se aplicó Cercobin® (2 g L⁻¹; i.a. Tiofanato metílico). Al follaje se asperjó Oxicob 85® (i.a. Oxicloruro de cobre) en dosis de 1 g L⁻¹ para disminuir el ataque de hongos. El pH del sustrato fue de 6.71. La solución nutritiva universal (Steiner, 1984) fue la base para preparar los siete tratamientos, utilizando fertilizantes altamente solubles (nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de potasio, fosfato monopotásico y sulfato de magnesio). La formulación base de la solución de Steiner (1984) fue la siguiente (en mEq L⁻¹): 12 de NO₃⁻, 1 de H₂PO₄⁻, 7 de SO₄²⁻, 7 de K⁺, 9 de Ca²⁺, 4 de Mg²⁺. Los potenciales osmóticos de las soluciones nutritivas generados por la modificación de la solución de Steiner (1984) fueron: -0.028, -0.043, -0.057, -0.072, -0.086, -0.100 y -0.115 MPa. Cada solución nutritiva incluyó los micronutrientes siguientes (en mg L⁻¹): H₃BO₃, 2.88; Mn, 0.502 (MnCl₂); Zn, 0.05 (ZnSO₄); Cu, 0.045 (CuSO₄); Mo, 0.010 (H₂MoO₄) y Fe, 5 (Fe-EDTA). El pH de las soluciones nutritivas fue de 6.0 ± 0.1. La nutrición se

Tabla 2. Producción y distribución de materia seca de plantas de toronjil morado en respuesta al potencial osmótico de la solución nutritiva.

POTENCIAL OSMÓTICO (MPa)	MST (g)	MSH (g)	MSR (g)	MSTotal (g)	DMSR (%)	DMST (%)	DMSH (%)
-0.028	3.88 cd	4.30 d	5.05 a	13.23 c	38.00 a	29.00 abc	33.00 bc
-0.043	5.31 ab	4.81 cd	6.10 a	16.22 ab	36.80 ab	33.10 a	30.30 c
-0.057	4.08 bcd	5.74 bc	4.95 a	14.77 bc	33.80 abc	26.90 bc	39.10 a
-0.072	3.55 d	5.21 cd	5.41 a	14.17 bc	38.20 a	25.30 c	36.40 ab
-0.086	4.88 abc	5.32 cd	4.27 a	14.47 bc	29.40 c	33.40 a	37.20 ab
-0.100	5.50 a	6.35 ab	4.93 a	16.78 ab	29.70 c	32.50 ab	38.10 a
-0.115	5.65 a	7.16 a	5.94 a	18.75 a	31.40 bc	30.00 abc	38.70 a
DMS	1.32	1.02	1.52	2.89	6.41	6.03	4.25
C.V. (%)	31.54	20.65	32.56	20.92	21.18	22.47	13.17

Medias con la misma literal en columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de comparación múltiple de medias LSD ($p \leq 0.05$). Potencial osmótico de la solución nutritiva; MST: materia seca de tallo; MSH: materia seca de hojas; MSTotal: materia seca de la planta completa; DMSR: distribución de materia seca en raíz; DMST: distribución de materia seca en tallo; DMSH: distribución de materia seca en hojas; DMS: diferencia mínima significativa; C.V.: coeficiente de variación.

Objetivos

Definir el efecto de la modificación del potencial osmótico de la solución nutritiva de Steiner (1984), en el crecimiento vegetativo y la producción de materia seca en toronjil morado, cultivado en contenedor bajo cubierta plástica.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en un invernadero con cubierta de polietileno blanco lechoso 30 % sombra, localizado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UAEM. Las condiciones de cultivo fueron a temperatura diurna de 29.55 °C, humedad relativa (HR) de 41.49 % e intensidad luminosa de 2,766.90 Lux; temperatura nocturna de 15.78 °C y HR de 45.04% (enero-marzo de 2021). Se utilizaron esquejes enraizados de 10 cm de longitud y se trasplantaron en contenedores de polietileno negro (3.24 L). El sustrato se elaboró con una mezcla (v/v) de 60 % tezontle rojo

realizó desde trasplante hasta la aparición de la primera inflorescencia (10 ± 1 mm de longitud). Los riegos se suministraron cada tercer día de forma manual alternando uno con solución por dos de agua. Se evaluaron siete tratamientos correspondientes a cada uno de los potenciales osmóticos. El diseño experimental fue completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Se utilizó un contenedor de polietileno de 3.24 L con una planta por contenedor. Se calculó el costo-beneficio considerando el costo de producción de las diferentes soluciones: -0.028 MPa, \$8.25; -0.043 MPa, \$8.36; -0.057 MPa, \$8.46; -0.072 MPa, \$8.57; -0.086, \$8.67 MPa; -0.100 MPa, \$8.77; -0.115 MPa, \$8.87) y el precio de venta en el mercado \$26.98, \$33.08, \$30.13, \$28.90, \$29.51, \$34.23 y \$38.25, respectivamente (considerando el precio por gramo de \$ 2.04, precios al mes de abril de 2022, y la producción de materia seca (en gramos) correspondiente a cada tratamiento: 13.23, 16.22, 14.77, 14.17, 14.47, 16.78, 18.75).

Resultados y Discusión

No se manifestaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido relativo de clorofila, longitud y diámetro de tallo, volumen y materia seca de raíz, por efecto de los potenciales osmóticos de la solución nutritiva (Tabla 1). El área foliar manifestó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); el mayor promedio (1,352.2 cm²) se obtuvo en las plantas nutridas con la solución de -0.115 MPa (Figura 1), en tanto que el más bajo fue para las plantas de los tratamientos con -0.028 y -0.043 MPa. Se manifestaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en materia seca de tallo, de hoja y de la planta completa (Tabla 2). En relación con la producción de materia seca en tallo, fue igual nutrir a las plantas con -0.100 y -0.115 MPa siendo 57.04 %



Figura 1. Área foliar de toronjil morado por efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva. Medias con letras iguales en la barra no son estadísticamente diferentes según prueba de comparación múltiple de medias LSD ($p \leq 0.05$).

más que en el testigo (-0.072 MPa). Las hojas aumentaron sustancialmente su materia seca con -0.115 MPa; en este caso fue 66.51 % con respecto a -0.028 MPa. La materia seca de la planta completa fue 41.72 % mayor que la producida por las plantas nutridas con -0.028 MPa. Los datos anteriores indican que la solución nutritiva con -0.115 MPa fue la más adecuada para producir toronjil morado en contenedor bajo cubierta plástica debido al incremento significativo en la producción y acumulación de materia seca, lo cual es favorable porque esta especie se comercializa tanto en fresco como en seco. En cuanto a la distribución de materia seca de raíz, tallo y hoja tuvieron una respuesta significativa ($p \leq 0.05$) por el potencial osmótico. Las plantas de toronjil nutridas con -0.115 MPa destinaron 31 % a la raíz, 30 % al tallo y 39 % a las hojas (Tabla 2). El hecho de concentrar la materia seca en tallos y hojas es favorable para la comercialización de la especie en estado seco. El análisis de costo-beneficio indicó que con la nutrición con -0.028 MPa fue de 3.27; -0.043 MPa, 3.95; -0.057 MPa, 3.56; -0.072, 3.37; -0.086 MPa, 3.40; -0.100, 3.90; y -0.115 MPa, 4.31.

Conclusiones

En la producción de toronjil morado en contenedor bajo cubierta plástica es importante considerar el potencial osmótico de la solución nutritiva debido a su influencia en el área foliar, como en la producción y distribución de la materia seca. Las plantas de toronjil morado nutridas con -0.115 MPa presentaron incremento altamente significativo en el área foliar, materia seca de tallo, hojas y de la planta completa, mientras que la distribución de la materia seca fue la siguiente: 31 % raíz, 30 % tallo y 39 % hojas. Desde el enfoque costo-beneficio se recomienda usar la solución nutritiva con potencial osmótico de -0.115 MPa, que en la práctica significa usar la solución de Steiner (1984) concentrada 1.6 veces.

Impacto Socioeconómico

Definir el potencial osmótico de la solución nutritiva que favorece el crecimiento y la acumulación de la materia seca de toronjil morado permite eficientizar el uso de los fertilizantes empleados para suministrar los nutrientes esenciales. El régimen propuesto para nutrir al toronjil morado, es decir, solución nutritiva seguida de dos riegos con agua, y repetir el proceso hasta la cosecha, también contribuye a reducir el consumo de fertilizantes, y, por tanto, optimizar los recursos financieros.