

Requerimiento Nutricional de Tomate Tipo Saladette Cosechado a dos Racimos Nutrient Requirement of Saladette Tomato Harvested in two Clusters

Gelacio Alejo-Santiago¹ , Omar A. Rivas-Mencías¹ , Circe-Aidín Aburto-González^{1†} ,
Cecilia Rocío Juárez-Rosete¹  y Ana Luisa Sánchez-Monteón¹ 

¹ Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela km 9.0. 63155 Xalisco, Nayarit, México; (G.A.S.), (O.A.R.M.), (C.A.A.G.), (C.R.J.R.), (A.L.S.M.).

[†] Autor para correspondencia: circe.aburto@uan.edu.mx

RESUMEN

El tomate saladette es la hortaliza con mayor consumo en el mundo. Sin embargo, las prácticas de fertilización excesivas generan contaminación ambiental. Una ventaja de la utilización del método de nutrición balanceada para el cálculo de dosis de fertilización es que, permite precisar las cantidades de fertilizantes en función de las metas de rendimiento. Sin embargo, para su aplicación se requiere el suministro edáfico y la eficiencia de recuperación de fertilizante además del valor denominado requerimiento nutricional, el cual considera la necesidad de nutrientes para la producción de biomasa aérea y subterránea de las plantas. El tomate saladette es un cultivo que se puede manejar de manera intensiva a un tallo y solo dos racimos florales, pero hacía falta el valor de requerimiento nutricional con este manejo. Por ende el objetivo de este estudio fue generar dicho valor; para lograrlo se establecieron plantas de tomate, en condiciones de invernadero y fertirrigación; a los 70 días después de trasplante se extrajeron diez plantas y cuantificaron por órgano peso fresco y seco, producción de fruto comercial y fruto no comercial. Posteriormente se analizaron las concentraciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en cada órgano y se calculó la cantidad de nutrientes necesarios para alcanzar una tonelada de fruto comercial en este tipo de manejo. Los resultados indican que, la producción de fruto comercial por planta fue de 1.0 kg, el órgano que menos materia seca acumula es la raíz y el requerimiento nutricional expresado en kg por tonelada de fruto fresco es N 0.78; P 0.12 y K 1.74.

Palabras clave: fertilización, nutrición, producción intensiva.

SUMMARY

Saladette tomato is the most consumed vegetable in the world, but excessive fertilization practices generate environmental pollution. Using the balanced nutrition method is an advantage to calculate fertilization doses that allows specified quantities based on waiting yield goals. In addition to soil supply and fertilizer recovery efficiency, nutritional value is required, which considers the need for nutrients to produce aerial and underground plant biomass. In the case of saladette tomato - a crop that can be managed intensively with one stem and only two floral clusters - the nutritional requirement value was lacking with this management. Therefore, the objective of this study is to generate the nutritional value of tomato plants established under greenhouse and fertigation conditions. At 70 days after transplanting, Ten plants were extracted at 70 days after transplanting to quantify fresh and dry weight; commercial and non-commercial fruit production were quantified, as well as each plant organ. Subsequently, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) concentrations from each organ were analyzed and the amount of nutrients necessary to achieve a ton of commercial fruit was calculated in this type of management. The results indicate that commercial fruit production per plant was 1.0 kg; the organ that accumulates the least dry matter is the root. The nutritional requirement expressed in kg per ton of fresh fruit is: N 0.78, P 0.12, and K 1.74.

Index words: fertilization, nutrition, intensive production.



Cita recomendada:

Alejo-Santiago, G., Rivas-Mencías, O. A., Aburto-González, C. A., Juárez-Rosete, C. R., & Sánchez-Monteón, A. L. (2024). Requerimiento Nutricional de Tomate Tipo Saladette Cosechado a dos Racimos. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-6. e1992. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i.1992>

Recibido: 29 de junio de 2024.
Aceptado: 14 de agosto de 2024.
Nota de Investigación. Volumen 42.
Octubre de 2024.

Editor Técnico:
Dr. Benjamín Zamudio González



Copyright: © 2024 by the authors.
Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

INTRODUCCIÓN

La planta de tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia Solanaceae, es originario del oeste de América del Sur, entre el norte de Chile y Ecuador, y posteriormente fue distribuido hacia el trópico y subtrópico de México (Razifard et al., 2020). De acuerdo con Juárez-Torres, Arellano, Salcedo y Zazueta (2022), la producción de esta hortaliza en México genera empleos directos e indirectos y un gran ingreso de divisas por concepto de su comercialización. En el año 2022, en México se sembraron 41 479.77 ha con una producción de 2.9 millones de toneladas, con valor de 14 759 millones de pesos (SIAP, 2024).

Por otra parte, los precios elevados de los fertilizantes contribuyen al aumento de las preocupaciones por la seguridad alimentaria mundial (Charlotte y Laborde, 2023); ante el incremento en los costos de los fertilizantes, es importante generar recomendaciones de fertilización cada vez más precisas, lo cual también ayuda a la conservación del suelo y el ambiente, al evitar su contaminación por el uso excesivo de estos productos. El manejo de la fertilización, a través del enfoque de nutrición balanceada de los cultivos, permite precisar la cantidad de fertilizante que se debe aplicar (Haller, Etchevers, Ramírez y Palomino, 1998). Después del enfoque de agricultura de precisión el cual permite realizar una dosificación de fertilizante planta por planta, pero que requiere de equipo y maquinaria sofisticada (Bagheri y Emami, 2023), está el modelo de nutrición balanceada, el cual considera tres parámetros los cuales son: demanda nutrimental (D), suministro edáfico (S) y eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF), mediante la siguiente fórmula: Dosis de fertilización = (D-S)/ERF. La demanda del cultivo se calcula multiplicando el requerimiento nutrimental por el rendimiento esperado. Para el tomate, Ciampitti y García (2007), indicaron que por cada tonelada de fruto se requieren las siguientes cantidades de nutrientes expresado en kg, N 2.8; P_2O_5 0.9 y K_2O 5.4, mientras que Castellanos, Uvalle y Aguilar (2000) reportan: N, 4.0; P_2O_5 , 1.8 y K_2O , 8.0, la causa de la discrepancia de valores puede ser porque existen diferentes tipos de tomate como el bola, cherry y saladette; en ese sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar el requerimiento nutrimental, específico para tomate saladette manejado a un tallo y cosechado a dos racimos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Unidad Académica de Agricultura, en el municipio de Xalisco, ubicado en las siguientes coordenadas 21° 42' 80" N y 104° 84' 12" O, en un invernadero cubierto con polietileno, con estructura metálica, tipo multitúnel con seis naves, con tecnología media, cubiertas de 6.0 m, con medidas de 50 m de ancho por 40 m de largo y con paredes cubiertas con malla antiáfidos.

Material Vegetal

Se utilizó el híbrido de tomate saladette SV4401TJ® de la empresa Seminis, de crecimiento indeterminado. Las semillas se colocaron en charolas de germinación de 200 cavidades, empleando como sustrato *peat moss*. La emergencia ocurrió a los siete días después de la siembra y una semana después de la emergencia se aplicaron riegos con solución nutritiva Steiner al 50% (Steiner, 1984) hasta el momento del trasplante.

Propiedades Fisicoquímicas del Suelo

El análisis de suelo reportó una textura migajón arcillo arenoso, pH 6.2, fósforo Bray 200 mg kg⁻¹, K intercambiable 566 mg kg⁻¹, Ca intercambiable 1406 mg kg⁻¹, Mg intercambiable 334 mg kg⁻¹ y C.E 0.75 decisiemens por metro.

Manejo del Cultivo

Se formaron cuatro camas de 80 cm de ancho, 25 m de largo y una altura de 30 cm. A los 26 días de siembra, se realizó el trasplante en las camas a doble hilera en una distancia de 30 cm entre planta. Se llevó a cabo la instalación del sistema de riego por goteo con separación entre goteros de 15 cm. Para monitorear la humedad se utilizaron tensiómetros a profundidades de 15 y 30 cm, los riegos se aplicaron cuando el tensiómetro de 30 cm marcaba 30 centibares.

Las plantas se condujeron a un solo tallo y se realizó poda apical inmediatamente después de la tercera hoja del segundo racimo floral. La nutrición se realizó vía fertirriego aplicando 195 gramos de sulfonit (32-00-00) mas 675 gramos de nitrato de calcio (15.5-00-00-26 Ca) por cada 1000 litros de solución, durante los primeros 30 días después de trasplante; a los 35 días después de trasplante se realizó la poda de punto de crecimiento apical y se cambió la solución nutritiva mediante la aplicación de 260 g de sulfato de potasio (50-00-00-17 S) en 1000 L, hasta cosecha. Los riegos tuvieron una duración de 25 minutos, para que los tensiómetros de 30 cm bajaran a 0 centibares.

Cosecha

La cosecha se realizó a los 70 días después del trasplante. Para la cuantificación de producción de fruto por planta se cosecharon tanto los comerciales (\geq a 70 g) como los que no alcanzaron tal peso, ya que no se realizó raleo de frutos, con el objetivo de calcular con precisión la necesidad nutrimental de la planta con este manejo intensivo.

Determinación del Requerimiento Nutrimental

Para cuantificar el requerimiento nutrimental del cultivo, el muestreo se realizó al momento de cosecha donde se hizo la extracción completa de diez plantas, se pesaron en fresco por separado hojas, tallos, frutos comerciales (\geq 70 gramos) y no comerciales ($<$ a 70 g), y raíz, posteriormente se sometieron a proceso de secado durante 70 horas a 70 °C en una estufa de secado Novatech®, y finalmente a cada órgano se le determinó el peso seco y la concentración nutrimental. La determinación de concentración de nutrientes en los órganos de la planta se realizó de acuerdo con las metodologías que indican Alcántar y Sandoval (1999). La determinación analítica de la concentración de nitrógeno se realizó con el método Micro-Kjeldahl. El fósforo y potasio se determinaron en los extractos que se obtienen de la digestión húmeda; por colorimetría para fósforo y flamometría para el caso de potasio.

El cálculo de requerimiento nutrimental se realizó considerando la extracción total de cada nutriente por cada planta y se dividió entre la producción de fruto comercial, posteriormente se hizo una extrapolación para 1000 kg de fruto fresco comercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de Frutos

El número de frutos amarrados en promedio por planta fue de 15 frutos, la producción de fruto comercial por planta fue de 1.0 kg. Los resultados obtenidos son similares a los que reportan Reyes-Hernández *et al.* (2023), quienes al utilizar solución nutritiva universal Steiner obtuvieron producción de 557 gramos de fruto por racimo, en cultivo sin suelo.

Distribución de Materia Seca en Diferentes Estructuras de la Planta

En cuanto a la distribución de materia seca se observó que la mayor acumulación de materia seca se dio en hojas, seguida de frutos, tallo y, por último, la raíz (Figura 1).

La raíz fue el órgano con menor acumulación de materia seca. Estos resultados coinciden con García-Terrazas, Benavides, González, Medrano y Cabrera (2024), quienes en tomate saladette 'El Cid' con un ciclo de 120 días lograron cinco racimos y reportaron que el órgano que acumuló menor materia seca fue raíz con 10 g, el peso seco de raíz que se alcanzó en el presente estudio fue de 3.5 g, lo cual es producto del ciclo del cultivo que fue de solo 70 días, por ende no permitió mayor desarrollo radicular y peso; sin embargo, fue suficiente para alcanzar la producción de fruto de aproximadamente medio kilogramo por racimo.

Concentración Nutrimental en Diferentes Órganos de la Planta

Entre los nutrimentos N, P y K, el de mayor concentración en los órganos de la planta fue el K, de tal manera que es un elemento que requiere atención en el proceso de producción para alcanzar el rendimiento esperado; en contraste, el elemento en menor demanda es el P (Cuadro 1).

Los estudios realizados en cuanto a la concentración nutrimental en tejidos de la planta de tomate se enfocan principalmente a la concentración de los elementos en frutos y hojas. Para concentración de N en hojas, Godoy-Hernández, Castellanos, Alcántar, Sandoval y Muñoz (2009), reportaron una concentración de 2.88%, el cual es mayor a la concentración en este estudio, que fue de 1.63%, (Cuadro 1). En cuanto a la concentración de K, El-Nemr, Abd, Salman, y El-Tohamy (2012) reportaron una concentración que fluctúa entre 3.59 y 4.0%, mayor a los valores que se obtuvieron en este estudio, de tal manera que se puede deducir que, el cultivo no tuvo consumo de lujo; en el rango que reportan para la concentración de fósforo en hoja, Godoy-Hernández *et al.* (2009), reportaron 0.28%, mientras que para el caso de la presente investigación el valor fue de 0.24%, se puede decir que los valores de fósforo son similares.

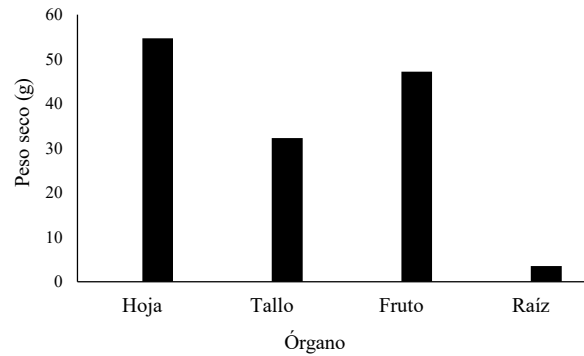


Figura 1. Distribución de materia seca en plantas de tomate saladette con manejo a dos racimos.
Figure 1. Dry matter distribution in saladette tomato plants with two-cluster management.

En el programa de nutrición utilizado en el presente estudio, no se realizó la aplicación de ninguna fuente de fósforo, por el nivel de P-Bray que reportó el análisis de suelo (200 mg kg^{-1}), un valor catalogado como alto conforme a las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos que establece la NOM-021-RECNAT-SEMANART-2000 (NOM-021-SEMARNAT-2000, 2002), pero tampoco se registró una concentración elevada de este elemento en tejido foliar, posiblemente por la poca biomasa radicular que presentaron las plantas, y por el mecanismo por el cual se da la absorción del fósforo, el cual es por difusión e intercepción radicular, de tal forma que juega un papel importante la biomasa radicular, ya que influye en el área superficial y en la capacidad de exploración del suelo (Schachtman, Reid y Ayling, 1998).

Requerimiento Nutricional

De los macronutrientes evaluados, el elemento más requerido por las plantas de tomate fue el potasio.

Comparando los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede mencionar que para el caso de nitrógeno es notablemente menor a lo que reportaron Castellanos *et al.* (2000) que fue de 4.0 kg y , Ciampitti y García (2007) de 2.8 kg , lo mismo sucede para el caso de fósforo y potasio, esto permite un ahorro significativo en fertilizantes en tomate cosechado a dos racimos. Es necesario recalcar que entre los fertilizantes de mayor impacto a la contaminación tanto de la atmósfera como de mantos acuíferos están los fertilizantes nitrogenados, Ren *et al.* (2022) mencionan que hay exceso de pérdida de nitrógeno por la sobre fertilización de los cultivos. Aunque el nitrógeno es el nutriente comúnmente limitante en los sistemas de producción agrícola (Lim, Fernández, Lee y Hatzell, 2021), hay que tener cuidado en no aplicarlo en exceso. Estos valores menores que se encontraron, en comparación a los otros estudios posiblemente se deben a que, a la planta solo se le permitió el desarrollo de dos racimos, con este manejo existe control en la emisión de brotes axilares, por lo tanto, después de la eliminación del punto de crecimiento y una vez que las hojas por encima del segundo racimo alcanzaron su madurez, la planta se dedicó exclusivamente al llenado de fruto, lo cual no sucede en condiciones de campo, donde no se puede controlar la producción de biomasa, y por lo tanto existe mayor extracción de nutrientes. La información presentada en el Cuadro 2 permite generar una dosis de fertilización más precisa para el cultivo de tomate a dos racimos y con conducción a un solo tallo, un sistema de producción intensivo de corto plazo y práctico para la programación de cosecha.

Cuadro 1. Concentración nutrimental en los diferentes órganos de planta de tomate saladette al momento de cosecha.
Table 1. Nutrient concentration in the different organs of saladette tomato plant at the time of harvest.

Órgano	N	P	K
----- g kg ⁻¹ -----			
Raíz	7	2.4	22.3
Tallo	9.2	3	22.5
Hoja	16.3	2.4	35.8
Fruto	10.6	2.9	28.6

Cuadro 2. Requerimiento nutrimental para la producción de una tonelada de fruto de jitomate saladette a dos racimos.
Table 2. Nutrient requirements for the production of one ton of two-cluster saladette tomato fruit.

Nutriente	kg
Nitrógeno (N)	0.78
Fósforo (P)	0.12
Potasio (K)	1.74

CONCLUSIONES

El requerimiento nutrimental en tomate saladette con manejo a un tallo y cosechado a dos racimos expresado en kg por tonelada de fruto fresco es: N 0.78; P 0.12 y K 1.74.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Metodología e Investigación: G.A.S., C.A.A.G. y C.R.J.R. Análisis de datos: G.A.S. Análisis químico: O.A.R.M. Escritura, revisión y edición: O.A.R.M., G.A.S y A.L.S.M.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece las facilidades brindadas para el uso del espacio de invernadero a la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit.

LITERATURA CITADA

- Alcántar, G. G., & Sandoval, V. M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación*. Texcoco, Estado de México, México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. ISBN: 968-6201-48-3
- Bagheri, A., & Emami, N. (2023). Perceptions of agricultural experts towards barriers to the adoption of precision agriculture. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 13(2), 103-114.

- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar-Santelises, A. (2000). *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Chapingo, Edo. de México: Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.
- Charlotte, H., & Laborde, D. D. (2023). High fertilizer prices contribute to rising food security concerns. In J. Glauber, & D. L. Debucquet (Eds.). *The Russia-Ukraine Conflict and global Food Security*, eds. Joseph Glauber and David Laborde Debucquet (pp. 38-42). Washington, DC, USA: International Food Policy Research Institute. https://doi.org/10.2499/9780896294394_07
- Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2007). *Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios*. Buenos Aires, Argentina: International Plant Nutrition Institute (IPNI).
- El-Nemr, M. A., Abd, E. M., M. H., Salman, S. R., & El-Tohamy W. A. (2012). Effect of different potassium levels on the growth, yield and quality of tomato grown in sand-ponic culture. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), 779-784.
- García-Terrazas, M. I., Benavides-Mendoza, A., González-Morales, S., Medrano-Macías, J., & Cabrera-De la Fuente, M. (2024). Aplicación foliar suplementaria de Boro, Manganeseo y Molibdeno como inductores de crecimiento, rendimiento y concentración de fitoquímicos en el cultivo de tomate. *Biocencia*, 26, 241-248.
- Godoy-Hernández, H., Castellanos-Ramos, J. Z., Alcántar-González, G., Sandoval-Villa, M., & Muñoz-Ramos, J. D. J. (2009). Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana*, 27(1), 1-9.
- Haller, V. V., Etchevers, J. D., Ramírez, A. S., & Palomino, T. S. (1998). Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. *Terra Latinoamericana*, 16(1), 79-91.
- Juárez-Torres, M., Arellano-Gonzalez, J., Salcedo-Cisneros, A. & Zazueta-Borboa, F. (2022). *Exports and Domestic Prices: An Instrumental Variables Approach Applied to Mexican Exports of Fruits and Vegetables to the US*. Anaheim, CA, USA: Agecon Search.
- Lim, J., Fernández, C. A., Lee, S. W., & Hatzell, M. C. (2021). Ammonia and nitric acid demands for fertilizer use in 2050. *ACS Energy Letters*, 6(10), 3676-3685. <https://doi.org/10.1021/acseenergylett.1c01614>
- NOM-021-SEMARNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana). (2002). Antes NOM-021-RECNAT- 2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. *Diario Oficial de la Federación*. D. F.: SEGOB.
- Razifard, H., Ramos, A., Della Valle, A. L., Bodary, C., Goetz, E., Manser, E. J., ... & Caicedo, A. L. (2020). Genomic evidence for complex domestication history of the cultivated tomato in Latin America. *Molecular Biology and Evolution*, 37(4), 1118-1132. <https://doi.org/10.1093/molbev/msz297>
- Ren, K., Xu, M., Li, R., Zheng, L., Liu, S., Reis, S., ... & Gu, B. (2022). Optimizing nitrogen fertilizer use for more grain and less pollution. *Journal of Cleaner Production*, 360, 132180. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-361734/v1>
- Reyes-Hernández, R., Rodríguez, J. C. C., Servia, J. L. C., Chávez-Servia, A. M., Segovia, C. P., Delgado, S. H., ... & Jiménez, J. A. (2023). Fertilización Orgánica y su respuesta en caracteres de planta y fruto de tomate en cultivo sin suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1), 1-13. <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.375>
- Schachtman, D. P., Reid, R. J., & Ayling, S. M. (1998). Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology*, 116(2), 447-453.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2024). Producción Agrícola, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el 13 de febrero, 2024 desde <https://www.gob.mx/siap>
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. In: *International Society for Soilless Culture, Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture* (pp. 633-650). Wageningen, The Netherlands: ISOSC. ISBN: 9789070976040.