

Revista EDUCATECONCIENCIA.

Volumen 31, No. 39

ISSN: 2007-6347

E-ISSN: 2683-2836

Periodo: abril-junio 2023

Tepic, Nayarit. México

Pp. 35-51

<https://doi.org/10.58299/jd25fn95>

Recibido: 3 de febrero, 2023

Aprobado: 17 de mayo, 2023

Publicado: 18 de mayo, 2023

Requerimiento nutrimental en papaya (*Carica papaya* L.) var. Mulata

Nutrient requirement by papaya (*Carica papaya* L.) var. Mulata

Gelacio Alejo-Santiago

Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

gelacio.alejo@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2441-9116>

Circe Aidín Aburto-González

Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

circe.aburto@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1941-8795>

Elizabeth Urbina-Sánchez

Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, México.

elizaurbina@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-1182-9047>

Esperanza Sánchez-Hernández

Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.

esperanza.sanchez@unach.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3892-0932>

Rubén Bugarín-Montoya

Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

ruben.bugarin@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2652-0368>

**Requerimiento nutrimental en papaya (*Carica papaya* L.) var. 'Mulata'.
Nutrient requirement by papaya (*Carica papaya* L.) var. Mulata.**

Gelacio Alejo-Santiago

Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

gelacio.alejo@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2441-9116>

Circe Aidín Aburto-González

Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

circe.aburto@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1941-8795>

Elizabeth Urbina-Sánchez

Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, México.

elizaurbina@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-1182-9047>

Esperanza Sánchez-Hernández

Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México.

esperanza.sanchez@unach.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3892-0932>

Rubén Bugarín-Montoya

Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.

ruben.bugarin@uan.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2652-0368>

Resumen

La papaya es un cultivo de importancia económica en las zonas tropicales de México, pero el mal manejo de los fertilizantes ha elevado su costo de producción. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el requerimiento nutrimental de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en el cultivo de papaya var. 'Mulata'. El experimento se realizó en un invernadero de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, con el objetivo determinar el requerimiento nutrimental en relación al nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en el cultivo de papaya var. 'Mulata', para lo cual se realizaron muestreos mensuales y se determinó la producción de materia seca y contenido nutrimental. Se concluyó que el requerimiento nutrimental por tonelada de fruto, es en kg las siguientes cantidades: N 1.53, P₂O₅ 0.27, K₂O 3.18, CaO 0.61 y MgO 1.02; además de que el potasio es el nutriente más demandado.

Palabras clave: Fertilización, nutrición, producción, rendimiento.

Abstract

Papaya is a crop of economic importance in the tropical zones of Mexico and its production cost can be high due to the mismanagement of fertilizers. The objective of this study was to determine the nutritional requirement of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium, in the cultivation of papaya Var. Mulata. The experiment was carried out in a greenhouse, located in the Academic Unit of Agriculture of the Autonomous University of Nayarit, through monthly destructive sampling; The production of dry matter was recorded. It was concluded that the nutritional requirement per ton of fruit is the following amounts in kg: N 1.53, P₂O₅ 0.27, K₂O 3.18, CaO 0.61 and MgO 1.02; in addition to the fact that potassium is the nutrient most demanded.

Keywords: Fertilization, nutrition, production, yield.

Introducción

Situación problemática

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta tropical de gran importancia en México y América Latina (Barajas-Méndez *et al.*, 2022). A nivel internacional, esta fruta ha tenido una creciente demanda en los mercados de Estados Unidos de América y Canadá (Food and Agriculture Organization [FAO], 2021). Los bajos rendimientos que se presentan en el sistema de producción de papaya en México y en el mundo, obedecen a varios factores limitantes de la producción, dentro de los cuales destaca los problemas fitopatológicos y el manejo inadecuado de la fertilización, debido a la falta de información científico y técnica para generar recomendaciones óptimas de fertilización o manejo integrado fitosanitario. Respecto a la fertilización, implica gastos innecesarios por parte del productor cuando se fertiliza debido al desconocimiento de la demanda real de nutrimentos por el cultivo.

El Sistema de Información Agroalimentaria reportó para el año 2021 que el rendimiento promedio nacional de papaya fue de 58 t ha⁻¹; sin embargo, el estado de Nayarit se ubicó en un

nivel inferior a eso, ya que aparece con 30 t ha⁻¹; por el contrario, hay estados como Oaxaca que logran rendimientos promedio de hasta 112 ha⁻¹ (Sistema de Información Agropecuaria [SIAP], s.f.). En este sentido no se ha logrado aprovechar el potencial productivo de la papaya, el cual según las empresas productoras de semilla se ubica en 150 y 200 t ha⁻¹ (Semillas de Caribe, s.f.), parte del problema es por una práctica de fertilización inadecuada.

Antecedentes

El manejo de la fertilización a través del enfoque de fertilización racional de los cultivos también conocido como nutrición balanceada (Volke *et al.*, 1998), permite precisar la cantidad de fertilizante que se debe aplicar a los cultivos, con las ventajas que ello implica en cuanto al ahorro de fertilizante y la disminución de contaminación de mantos acuíferos, ocasionado por prácticas de sobre fertilización (Andrade *et al.*, 2020). Para la aplicación de este modelo de fertilización o nutrición balanceada, se requiere el valor de requerimiento nutrimental del cultivo. El requerimiento interno nutrimental es la cantidad de nutrimento requerida por la planta para satisfacer sus necesidades metabólicas, y a su vez, alcanzar el rendimiento máximo en un sistema de producción (Silva y Rodríguez, 1995), estos valores se calculan dividiendo la cantidad total de nutriente extraído por la planta entre la cantidad de fruta que se produjo. El requerimiento interno nutrimental, se expresa en porcentaje o en kg de nutrimento por tonelada de producto cosechado, para el caso de papaya es el fruto.

Debido a que se carece de información del valor de requerimiento nutrimental interno y dada la importancia que representa la producción de papaya en México, se planteó la siguiente investigación. La información que se generó impacta en la producción de este cultivo, en el ahorro de fertilizantes, incremento de producción y disminución también de contaminación ambiental, ya que las recomendaciones que existen son dosis de fertilización

generales, ejemplo Bueno-Jáquez *et al.* (2005), recomendaron aplicar al suelo el tratamiento de fertilización 220 Kg de N y 145 Kg de P_2O_5 para la obtención de 91.78 toneladas de fruto por hectárea. Sin embargo, debido a las condiciones edafoclimáticas variables en las cuales se desarrolla el cultivo de papaya, es necesario determinar para cada condición, la dosis óptima de fertilización que maximice el rendimiento del cultivo.

Requerimiento nutrimental de papaya

Los valores de requerimiento nutrimental, al ser estimados en función de la extracción total de cada nutriente que la planta llega a tener y dividido entre la cantidad de fruto que produce, puede variar debido a la mejora genética que constantemente se realiza en los materiales de papaya, ya que se va mejorando el índice de cosecha, es decir ahora los materiales mejorados son más productivos. Al respecto, Hiroce *et al.* (1977) indicaron que por cada tonelada de fruta que se produce la necesidad de nutrientes expresado en kg es la siguiente, N 1.70; P 0.25; K 1.22; Ca 0.23 y Mg 0.22, mientras que Cunha y Haag (1980a), determinaron los siguientes valores 1.77 kg de N, 0.20 kg de P, 2.12 kg de K, 0.35 kg de Ca, 0.18 kg de Mg y 0.20 kg de S.

No existe más información que permita precisar el valor de requerimiento nutrimental, el cual es muy importante para determinar una dosis de fertilización óptima acorde al rendimiento esperado y el aporte nutrimental del suelo.

Objetivo(s)

Determinar el requerimiento nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) var. Mulata, y realizar la curva de acumulación de materia seca total.

Materiales y método

Participantes

El experimento se localizó en la Unidad Académica de Agricultura, en el municipio de Xalisco, la cual se ubica en las siguientes coordenadas 21° 42' 80 N y 104° 84' 12' O, en un invernadero, cubierto con polietileno transparente, con estructura metálica, multitunel con seis naves corresponde a una unidad con mediana tecnología, posee una altura a cumbres de 6.0 m, con medidas de 50 m de ancho por 40 m de largo, con malla antiáfidos alrededor. Se utilizó semilla de papaya variedad Mulata (Semillas del Caribe, s.f.). La temperatura media anual es de 21 °C y la precipitación media anual es de 599 mm según el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN, 2023).

Producción de plántula

Se utilizaron semillas certificadas de la empresa Semillas del Caribe, las cuales 66 % son hermafroditas y 34 % femeninas, pureza y germinación de 97 %. Las semillas se colocaron en charolas germinadoras empleando un sustrato a base de turba, agrolita y vermiculita. Durante su crecimiento, las plantas fueron fertilizadas mediante una solución nutritiva de Steiner (1961) diluida a un cuarto de su concentración original, en una conductividad eléctrica de 0.5 dS m⁻¹. Después de cinco semanas, las plantas estuvieron listas para el trasplante. Previo al trasplante, se realizó un tratamiento a la raíz, sumergiendo a nivel del cepellón en solución con el fungicida Previcur Energy (1.0 cm³ L⁻¹), Actara (0.3 g L⁻¹) y el producto Root-Factor (0.5 cm³ L⁻¹).

Las plantas se trasplantaron en camas de cultivo en el mes de febrero, previamente preparadas agregando composta de cachaza de caña de azúcar a razón de 2.5 kg por metro lineal de cama de cultivo; fosfato diamónico (0.08 Kg), nitrato de amonio (0.02 Kg) y sulfato

doble de potasio y magnesio (0.04 Kg) por metro lineal de cama de cultivo. La distribución de las plantas se realizó en marco real con distancia entre plantas de 1.2 m y entre hileras de 4 m, lo que equivale a 2,083 plantas por ha. Se emplearon cuatro plantas por punto de plantación con el propósito de incrementar a más de 90 % la población de plantas hermafroditas.

El sistema de riego constó de dos líneas regantes separadas a 50 cm entre ellas, con emisores a cada 10 cm de separación y un gasto de 1 litro por hora. La lámina de riego y frecuencia, se determinaron mediante el empleo de tensiómetros Irrometer SR® colocados a 15 y 30 cm de profundidad. La fertilización se realizó a través del sistema de riego por goteo con una frecuencia aproximada de cada tercer día aplicando Solución Steiner (1961) al 50 %.

Técnicas e instrumentos

Para cuantificar producción de materia seca, cada mes se extrajeron siete plantas (cada planta fue una repetición), se separó raíz, hoja, tallo, flor y fruto, los órganos se pesaron en fresco y se seleccionó una submuestra de 200 g, la cual se secó en una estufa a 70° C hasta peso constante para registrar el peso seco de la biomasa. Durante el experimento, el cual duró un año, cada cuatro meses se realizó el análisis químico de concentración nutrimental en estos órganos.

La determinación de concentración de nutrientes en la biomasa seca se realizó acorde a 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, potasio, calcio y magnesio se determinaron en los extractos que se obtienen de la digestión húmeda; por colorimetría para fósforo y flamometría para el caso de potasio y calcio, mientras que para magnesio se realizó por absorción atómica con un equipo Varian®.

La determinación de concentración nutrimental en cada uno de los órganos se realizó en tres ocasiones durante el ciclo del cultivo; en la etapa vegetativa, inicio de floración y una vez durante la etapa de producción de fruto.

Procedimiento

Con la información de datos promedios de pesos secos de los órganos de las plantas, se elaboraron curvas de acumulación de materia seca y etapas fenológicas y con los datos de concentración de nutrientes se realizaron en Excel 2016 (16.0) gráficas de extracción nutrimental por cada órgano y total.

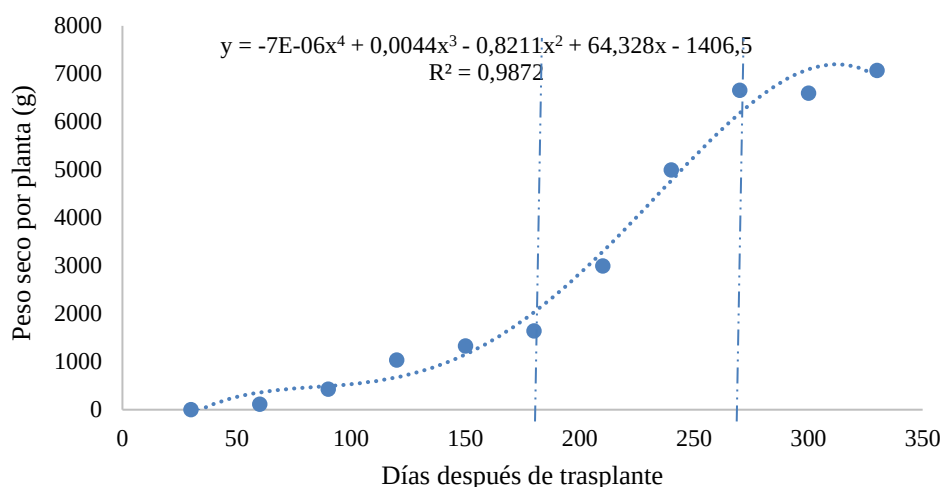
El requerimiento nutrimental se estimó conociendo la extracción total de cada uno de los nutrientes por toda la biomasa producida por la planta, por cada órgano se registró el peso seco acumulado, luego se realizó el análisis de concentración de nutrientes, en cada órgano y repetición; cabe recalcar que se consideró la producción acumulada de fruto, es decir, a cada planta se le llevó un registro de producción de fruto, durante los 12 meses que duró la investigación; se cuantificó en tres ocasiones la concentración de N, P, K, Ca y Mg, y se expresó en términos de Kg o gramos de nutriente por tonelada de fruta fresca.

Resultados y discusiones

La curva de acumulación de materia seca se ajusta a una curva sigmoideal con función polinómica de orden cuatro, con R^2 de 0.98, este tipo de curva indica la presencia de una etapa de crecimiento acelerado (Figura 1).

Figura 1.

Acumulación de materia seca en plantas de papaya var. 'Mulata'.



En la Figura 1 de acumulación de materia seca del cultivo, se puede identificar que a partir de los 150 días comienza una acumulación acelerada de materia seca, la cual se detiene a los 270 días, es decir, es un periodo de 120 días (cuatro meses) de alta demanda de nutrimentos y por consiguiente de agua por parte de la planta. El resultado es coincidente con lo que reportaron Jiménez-García *et al.*, (2009) quienes generaron información en cuanto a curva de crecimiento de papaya 'Maradol Roja' en condiciones de invernadero de baja tecnología, al igual que en la presente investigación, estos autores también reportaron un incremento acelerado en la curva de acumulación de materia seca a partir de los 180 días.

En comparación con otro estudio de curva de absorción de nutrientes reportado por Fallas *et al.*, (2014), existe una ligera variación en cuanto al momento de inicio de la etapa de acumulación acelerada de materia seca, ya que estos autores indicaron que esta etapa inicia a

los 210 días, es decir un mes después; sin embargo, es importante mencionar que el estudio no se realizó en condiciones de invernadero, lo cual influyó en el resultado.

Al conocer el comportamiento de las curvas de absorción, se determinan las épocas de mayor absorción de nutrientes durante el ciclo de crecimiento de los cultivos. Esto a su vez, permite definir los momentos en que se deben aplicar los fertilizantes en los programas de fertilización que, generalmente, deberán ocurrir de una a dos semanas antes de este pico de alto requerimiento de nutrientes.

Concentración nutrimental en diferentes órganos de la planta

En la tabla 1, se presentan las concentraciones nutrimentales en diferentes órganos de la planta.

Tabla 1.

Concentraciones nutrimentales en diferentes órganos de la planta a los días después del transplante en papaya var. Mulata.

Órgano	N	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----				
Hoja	2.21±0.07	0.14±0.02	2.39±0.21	0.40±0.05	0.72±0.05
Tallo	1.89±0.05	0.17±0.01	2.75±0.32	0.59±0.21	0.58±0.03
Pecíolo	1.32±0.03	0.11±0.01	2.89±0.25	0.88±0.07	0.50±0.08
Raíz	2.20±0.10	0.09±0.02	2.40±0.20	1.00±0.05	0.52±0.04
Fruto	1.50±0.21	0.13±0.03	3.30±0.02	0.39±0.08	0.77±0.03
Flor	1.31±0.20	0.14±0.04	3.16±0.23	0.37±0.02	0.52±0.08

Nota. Elaboración propia.

Los estudios que se han realizado en cuanto a la concentración nutrimental en tejido de papaya, están enfocados principalmente a concentración en hoja, y en extracto de peciolo, recalcando que en este último la determinación se realiza en tejido fresco. En este sentido, se puede hacer una comparación de los resultados que se tuvieron en la presente investigación con otros estudios sobre todo para que permita corroborar que el cultivo no estuvo en condiciones de deficiencia nutrimental, y de esta manera tener seguridad en los valores de requerimiento nutrimental que se calcularon a partir de estos resultados.

En la tabla anterior se puede observar que la mayor cantidad de materia seca se destina a la producción de fruto. Las concentraciones de nutrientes en hoja se ubican dentro del rango que reportan otros autores, según el concentrado que reportan Fallas-Corrales *et al.* (2020) como por ejemplo N (1.01 a 2.5 %), P (0.22 a 0.40 %) y K (3.3 a 5.50 %). Otro estudio realizado por Jeyacumar *et al.*, (2010) reportaron que con concentraciones (%) de N, P y K de 1.48, 0.40 y 2.58, respectivamente obtuvieron rendimiento de 184.9 t ha⁻¹ utilizando nutrición vía fertirriego, el valor que reportan estos autores en cuanto al nivel foliar de fósforo es del doble en comparación con lo que se encontró en la presente investigación, aunque el rendimiento estimado considerando la densidad de población (2083) la producción de fruto por planta fue de 80 kg que se obtuvo fue mayor a lo que reportan estos investigadores, puesto que en este caso se logró rendimiento de 166 toneladas por hectárea, considerando que el cultivo estuvo en campo por un periodo de un año, mientras que estos autores no reportaron el tiempo que les llevó alcanzar dicho rendimiento.

Parag, (2013) también obtuvo valores similares a los que se encontraron en la presente investigación en cuanto al porcentaje de nutrientes en tejido foliar, 1.47% N, 0.4 P y 2.48 K. El estudio se realizó también en un periodo de un año, aunque el rendimiento que obtuvo no

rebasó 80 ha⁻¹, en los tres cultivares de papaya Red Lady que evaluó. Lo anterior confirma que el rendimiento depende de otros factores, de ahí el interés de realizar los estudios de nutrición en condiciones más controladas como lo es el uso de invernaderos.

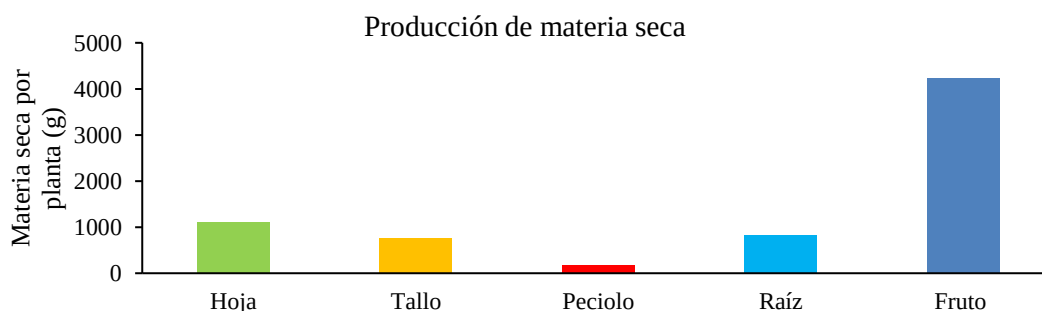
Los resultados disponibles relacionados con el status nutrimental de las plantas de papaya se basan en análisis de lámina foliar, por lo que resulta difícil hacer una comparación de los resultados obtenidos para las demás estructuras de las plantas, tallo, flor, fruto y raíz.

Distribución De Materia Seca En Diferentes Estructuras De La Planta

En cuanto a la distribución de materia seca se puede observar que un gran porcentaje (60 %) se destina a la producción de fruto, mientras que el 40 % restante se distribuye entre las otras estructuras. En este sentido la papaya se puede considerar como un cultivo con alto índice de cosecha (0.6), es decir, que más de la mitad de la biomasa que produce es producto económico.

Figura 2.

Acumulación de materia seca papaya var. Mulata, en condiciones de invernadero durante 12 meses.



Nota. La figura muestra el órgano que acumula mayor cantidad de materia seca en un periodo de 12 meses.

En la Figura 2 se observa que la mayor acumulación de materia seca en la planta ocurrió en fruto (4200 g por planta). En otro estudio de cuantificación de producción de materia seca realizado por Cunha y Haag, (1980b), reportaron una acumulación de materia seca en fruto de 500 g por planta, este valor es ocho veces menor al que se obtuvo en la presente investigación, lo anterior puede ser explicado por las condiciones en que se realizó la cuantificación de producción de materia seca, estos autores lo realizaron en condiciones de campo abierto, en donde se presentan más condiciones que afectan el desarrollo de las plantas, y en el caso de la presente investigación los valores se obtuvieron en condiciones de invernadero. Esto se puede corroborar si se considera el Índice de Cosecha (IC), el cual es según Mena *et al.*, (2018) el cociente entre la masa seca de la parte de la planta económicamente aprovechable y la masa seca total de la planta, para el caso del presente experimento el IC es de 0.60, mientras que para los autores mencionados es de 0.20. En la Tabla 2, se muestran los valores de requerimiento nutrimental calculados, para el cultivo de papaya var. Mulata.

Tabla 2.

Requerimiento nutrimental de papaya var. Mulata

Kg de nutriente por tonelada de fruto de papaya			
N	1.53	N	1.53
P	0.12	P ₂ O ₅	0.27
K	2.64	K ₂ O	3.18
Ca	0.44	CaO	0.61
Mg	0.62	MgO	1.02

Nota. Elaboración propia.

Comparando los resultados logrados en la presente investigación, se puede mencionar que difieren en 2.08 menos fósforo que lo reportado por Hiroce *et al.*, (1977) y Cunha y Haag, (1980a) en cuanto al valor de requerimiento de fósforo, ellos reportan 0.25 y 0.22 Kg respectivamente, mientras que para el caso de la presente investigación el valor fue de 0.12 Kg por tonelada de fruta fresca. Otro elemento que es importante señalar por la diferencia que existe es el K, Cunha y Haag reportaron 2.12 Kg, Hiroce *et al.*, (1977) reportaron 1.22 Kg y en la presente investigación el resultado para este elemento fue de 2.64 Kg el cual superó a los anteriores.

La información que se presenta en la Tabla 2 permite que se pueda generar una dosis de fertilización acorde a una meta de rendimiento que se desee obtener en el cultivo. Acorde a estos resultados el elemento que más requiere la papaya es el potasio, el cual casi duplica la necesidad de N.

Si se considera como meta de rendimiento 120 toneladas por hectárea con una densidad de población de 2083 plantas, tal como se estableció en el presente experimento, entonces se está frente a una demanda nutrimental de: N (1.53 kg) por 120 t equivale a 183.6 kg de N, entre el total de plantas corresponde a 88 g N por planta, al hacer la misma operación con P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO, resulta en las siguientes cantidades: 15 g, 183 g, 35 g y 58 g, respectivamente. Estos valores solo representan la demanda nutrimental (DEMANDA), faltaría restar el aporte del suelo (SUMINISTRO) y considerar la Eficiencia de Recuperación del fertilizante (ERF). Esto con la finalidad de aplicar el enfoque fertilización racional o nutrición balanceada, con las múltiples ventajas que ello representa como ahorro de fertilizante y la no contaminación de los suelos.

La ventaja que representa el conocimiento de los valores de requerimiento nutrimental de los cultivos es que permiten hacer un mejor ajuste de la dosis de fertilización, considerando el aporte del suelo y la eficiencia de recuperación de los fertilizantes.

Considerando estos resultados es posible hacer un ajuste en la formulación de dosis de fertilización y también estar en posibilidades de explorar el verdadero potencial de rendimiento del cultivo de papaya, ya que como concluyeron Fallas *et al.*, (2014), el rendimiento (130 t ha^{-1}) que ellos obtuvieron pudo estar por debajo del potencial de rendimiento del híbrido Pococí considerado como de alto rendimiento.

Conclusiones

El requerimiento nutrimental para la papaya variedad Mulata es similar a lo que se ha reportado para papaya Maradol. El crecimiento acelerado de la planta se presenta del día 150 al 270 después de trasplante, es decir, durante un periodo de cuatro meses. El potasio es el elemento que más demanda el cultivo de papaya Mulata. El 60 % de materia seca que acumula el cultivo se destina a producción de fruto. El requerimiento nutrimental expresado en kg de nutrimento por tonelada de fruto, es: N 1.53, P_2O_5 0.27, K_2O 3.18, CaO 0.61 y MgO 1.02.

Referencias

- Alcántar, G. G. & Sandoval, V. M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, Publicación especial 10.
- Andrade, L. K., Castillo, C. I., & Rossel, B. L. (2020). Quality of Agricultural Soils in the Interior Bay of Puno, Peru–2018. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(2), 42–52.
<https://rcta.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1255>

- Barajas-Méndez, K. N., Toscano-Verduzco, F. A., Delgado-Salas, C. I., Chan-Cupul, W., Sánchez-Rangel, J. C., Buenrostro-Nava, M. T., & Manzo-Sánchez, G. (2022). Emergencia, crecimiento y calidad de planta de dos genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) inoculadas con hongos entomopatógeno. *Scientia Agropecuaria*, 13(4), 411–421. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.037>
- Bueno-Jáquez, J.E., Alonso-López, A., Volke-Haller, V., Gallardo-López, F., Ojeda-Ramírez, M., & Mosqueda-Vázquez, R. (2005). Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un luvisol. *Terra Latinoamericana*, 23(3), 409–415. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311101013>
- Cunha, R. J. P. & Haag, H. P. (1980a). Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). desenvolvimento dos frutos e exportação de nutrientes através da colheita. *Anais da Escola Superior da Agricultura Luiz Queiroz*, 37(1), 169–178. <https://www.scielo.br/j/aesalq/a/sTGZmqfHS9YPVFLRxxgwHdp/abstract/?lang=pt>
- Cunha, R. J. P. & Haag, H. P. (1980b). Mineral nutrition of papaya (*Carica papaya* L.) Nutrient uptake under field conditions. *Anais da Escola Superior da Agricultura Luiz Queiroz*, 37(2), 631–668. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19820308026>
- Fallas-Corrales, R. G. & Van der Zee, S.E.A.T.M. (2020). Diagnosis and management of nutrient constrains in papaya. En A.K. Srivastava, Chengxiao Hu, (Eds) *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints* (pp. 607–628). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00042-3>
- Fallas, R., Bertsch, F. & Barrientos, M. (2014). Curvas de absorción de nutrientes en papaya (*Carica papaya* L) cv. "Pococi" en las fases de crecimiento vegetativo, floración e inicio de cosecha. *Agronomía Costarricense*, 38(2), 43–54. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242014000200004&script=sci_arttext
- Food and Agriculture Organization (2021, 26 de mayo). Producción Mundial de cultivos. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Hiroce, R., Carvalho, A. M., Bataglia, C. C., Furlani, P. R., Furlani, A. M. C., Santos, R. R., & Gallo, J. R. (1977). Composição mineral de frutos tropicais na colheita. *Bragantia*, 36(1), 155–164. <https://www.scielo.br/j/brag/a/zR3BnDjPwQvjLxkmjj4kbB/abstract/?lang=pt>

- Jiménez-García, G., Rodríguez-Fuentes, H., Vidales-Contreras, J., AlcortaGarcía, E., Olivares-Sáenz, E., Hernández-Escareño, J., Sánchez-Alejo, E. J., & Ojeda-Zacarías, M. (2009). Growth and Nitrogen Uptake Curves in Papaya Grown under Protected Crop. *Acta Horticulturae*, 843, 97–102. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.843.10>
- Mena, L. J. L., Díaz, P. A. L., & Aguilar, D. R. (2018). Effect of population density in the development and distribution of biomass of sunflower, variety Caburé-15. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(1), 23–35. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17248>
- Parag, B. J. (2013). *Effect of fertigation and mulching on growth, yield and quality of papaya (Carica papaya L.) cv. Red lady*. [Thesis Doctor of philosophy in Horticulture in Fruit Science, University Navsari]. <https://es.scribd.com/document/372678718/EFFECT-OF-FERTIGATION-AND-MULCHING-ON-GROWTH-YIELD-AND-QUALITY-OF-PAPAYA-Carica-papaya-L-CV-RED-LADY#>
- Semillas del Caribe. (s.f). *Passion red* [Documento PDF]. <https://www.semillasdelcaribe.com.mx/wp-content/uploads/PassionRed-min.pdf>.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2023, 25 de junio). <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
- Silva, S. H. & Rodríguez, S. J. (1995). *Fertilización de plantaciones frutales*. Alfabetra impresores.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. (s.f.). Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Volke, H. V., Etchevers, B. J. D., San Juan, R. A., & Silva P. T. (1998). Modelo del balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. *Terra Latinoamericana*. 16(1): 79–91. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316110.pdf>