



EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE NPK DEL CULTIVO DE REPOLLO

Iván Villalba Cruz¹; Antonio Martínez-Ruiz^{2*}; Fermín Pascual-Ramírez³, José Victoriano
Ramírez-Romualdo¹

amartinezr8393@gmail.com.mx – 5951070923 (*Autor de correspondencia)

¹Ingeniería Agroindustrial, Universidad Interserrana del Estado de Puebla-Ahuacatlán

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), CIRGCO- Sitio Experimental Tecamachalco, Puebla, C.P. 75480. ³Instituto de investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán C.P. 58190

Resumen

El uso de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L. var. Capitata), establece un buen control para valorar los factores nutrimentales que se requieren durante su desarrollo, es por ello, que se recomienda una buena aplicación de fertilización para mejorar el rendimiento. En esta investigación se evaluaron cuatro dosis de NPK con tres densidades de plantación para repollo, con la finalidad de obtener la mejor dosis de fertilización de este cultivo que sirva de base para realizar un programa de fertilización. Se probaron tres densidades de plantación, densidad 1 (D1 = 50,000 plantas /ha), densidad 2 (D2 = 55,000 plantas/ha), densidad 3 (D3 = 60,000 plantas / ha). De los cuales se utilizó la D1 para calibrar el modelo logístico para la extracción de NPK. Los ajustes encontrados para el modelo resultaron excelentes con un error estándar (S) de 0.293, 0.133 y 0.609 y coeficiente de correlación (r) de: 0.999, 0.991 y 0.994, para NPK, respectivamente. Estos correspondieron a una dosis de 102N - 23P – 200K para un rendimiento de 67.14 t/ha. Se encontró que para producir 1 t/ha de repollo se necesitan 4.083, 0.523 y 4.176 kg/t de NPK por producto cosechado, respectivamente. Estos resultados indican que es posible realizar un programa de fertirrigación precisa para este cultivo, a partir de utilizar la función logística y que la fórmula de fertilización encontrada es válida para el manejo de la fertilización convencional.

Palabras claves: Fertirrigación, absorción nutrimental, repollo



Introducción

Comúnmente, la dinámica de un nutriente en la planta se simula con el objetivo de determinar la disponibilidad del nutriente tanto en el suelo como en el cultivo. Por otro lado, existe una gran variedad de modelos de crecimiento aplicados a cultivos.

Un concepto importante que se debe tener en cuenta al momento de evaluar los requerimientos de los cultivos es la diferencia terminológica que se presenta entre las palabras, “absorción” y “extracción” de los cultivos. Se entiende por absorción la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. El término extracción, es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados u otros. (Ciampitti & García et al., 2007). Por lo que, es importante obtener la curva de extracción nutrimental de cada cultivo, ya que forma parte de los estudios de la demanda nutrimental, y permite el conocimiento de la cantidad de nutrimentos que la planta utiliza en cada etapa fenológica, por lo que es necesario el muestreo secuencial representativo durante del ciclo de vida de la planta (Castro et al., 2004). Para la generación de la curva de extracción se han adoptado técnicas de suministro de nutrientes que permiten un buen control de la disponibilidad de estos.

Por consiguiente, es importante retomar el uso de modelos matemáticos que permitan determinar el momento de máxima producción biológica del cultivo, así como de la extracción de nutrientes NPK; lo que ayudará a planificar el momento de aprovechamiento de este. (López-Astilleros y Lozano-Trejo.,2020).

De acuerdo con Ramos et al. (2017), la rápida acumulación de biomasa y absorción de nutrientes en este cultivo ocurre en los últimos 22 días antes de la cosecha y durante este periodo más del 60% de los requerimientos de N, P, K y biomasa son acumulados por esta especie. Esto indica que, en los primeros DDT, se debe poner especial atención en la nutrición del repollo a fin de asegurar un adecuado suministro de nutrientes. El objetivo de la presente investigación es obtener la absorción de los principales nutrientes (N, P y K) mediante la expresión matemática del modelo logístico para el cultivo de repollo.

Materiales y métodos

Diseño experimental

El sitio experimental se ubicó en la localidad de Xochimilco perteneciente al municipio de Tecamachalco en el estado de Puebla con coordenadas 18° 50` 34.7” de latitud Norte y 97° 44` 40.4” de longitud Oeste. En donde se estableció el cultivo de repollo a campo abierto en el terreno de un productor cooperante de la localidad.



Mediciones de cultivo

La unidad experimental tuvo una longitud de cien metros de largo, por veinticinco metros de ancho, el experimento abordará cuatro tratamientos (F1, F2, F3, F4) con distintas dosis de fertilización respectivamente. Posteriormente la unidad experimental se dividió en cuatro partes, a cada una de estas partes se denominó “repetición” por lo que habrá cuatro repeticiones (R1, R2, R3, R4). Cada repetición de igual manera se dividió en doce partes, a los cuales se les llamó “densidades” estos con una longitud de 8 metros de largo por 5.4 metros de ancho, se consideraron tres densidades: D1= 50,000 plantas/m² (43 cm separación entre plantas), D2= 55,000 plantas/ m² (40 cm), D3= 60,000 plantas/ m² (37 cm), de manera horizontal se representaron a las densidades, y de forma vertical los tratamientos (F1,F2,F3,F4), obteniéndose las siguientes combinaciones: (F1xD1, F1xD2, F1xD3), (F2xD1, F2xD2, F2xD3), (F3xD1,F3xD2, F3xD3) y (F4xD1,F4xD2, F4xD3), con 4 repeticiones, cada unidad experimental tuvo un ancho de 5.4 m y 8 m de longitud (área de 43.2 m²).

Descripción de modelo

Modelo logístico

El crecimiento de un cultivo pasa por tres fases consecutivas, que en su conjunto incluyen a partir de una relación cuantitativa entre producción/rendimiento y tiempo. Esta relación es descrita por una curva de crecimiento sigmoide denominada ecuación logística (10) también se puede aplicar para predecir la curva de extracción nutrimental de los cultivos (Martínez, 2016).

$$N_{up}, P_{up}, \text{ and } K_{up} \text{ (g m}^{-2}\text{)} = \frac{\alpha}{[1+e^{(b-c*DDT)}]} \quad (1)$$

Es una expresión matemática que describe satisfactoriamente la curva de crecimiento sigmoide de las plantas. Dónde N_{up}, P_{up}, K_{up} es el valor de una variable de planta a estimar (absorción de N, P y K) para el tiempo (días después de trasplante), α es el valor máximo de absorción de biomasa o nutrientes, b es la absorción inicial de biomasa o nutrientes, c es una acumulación o absorción constante que se determina por cálculo del logaritmo natural. La ecuación logística expresa la absorción de nutrientes en relación con el tiempo (López et al., 2011; Elia & Conversa, 2012).

Resultados y discusiones

En las figuras 1, 2 y 3, se muestra la tendencia de los valores de extracción de NPK, en la figura 1 muestra que, a partir de 65, la curva presenta un crecimiento exponencial, indicando la importancia de este elemento en la absorción en esta etapa. Hasta alcanzar un valor máximo de absorción de aproximadamente de 28 g/m² (280 kg/ha) a

los 98 DDT, Molina & Rodríguez. (2012) encontró valores de 160 kg/ha^{-1} de N para este cultivo. Por otro lado, en la figura 2, se presenta el patrón de absorción de fósforo, durante el ciclo el cultivo donde al igual que el nitrógeno este empieza a incrementar de manera significativa la absorción de este elemento a los 60 DDT, su evolución exponencial continua hasta alcanzar un valor de 3.49 g/m^2 (34.9 kg/ha) hasta terminar el ciclo.

El incremento del potasio se da a partir de los 50 DDT hasta alcanzar 27.5 g/m^2 (275 kg/ha), Ramos et al. (2017) menciona que 20 días antes de la cosecha este cultivo tiende a acumular la máxima cantidad de NPK. De acuerdo con estos resultados se tiene que la fórmula de NPK para este cultivo es de $280\text{N}-34.9\text{P}-275\text{K}$ mismo que puede ser utilizado para aplicación de la fertilización de manera granulada o vía fertirriego. Ciampitti y García. (2007) menciona que, en los sistemas agrícolas, las hortalizas presentan un hábito absorción de P en general es baja, menor de 1 kg de P por tonelada producida, como ocurre generalmente en la mayoría de los cultivos.

Con respecto a K, aproximadamente en promedio se cosecha entre el 50-60% de lo absorbido por el cultivo durante la estación de crecimiento. Por lo que a potasio se refiere es un elemento muy demandado por esta hortaliza, lo cual corresponde con lo encontrado en este trabajo. En el caso del modelo logístico calibrado el mejor ajuste fue para el fósforo seguido del potasio y finalmente para la absorción de nitrógeno. Las estadísticas de ambos modelos fueron bastante similares. Comúnmente, en nutrición vegetal, el modelo logístico es ampliamente utilizado para predecir la absorción de nutrientes (Martínez et al., 2019).

Para los tres elementos se obtuvieron valores altos del coeficiente de correlación cercanos a 1, mientras que el error estándar fue de 0.293, 0.133 y 0.609 para NPK, respectivamente. En el cuadro 1 se presentan los valores de los parámetros encontrados en la calibración del modelo logístico, el cual relaciona la tasa de absorción de NPK con los días después de trasplante.

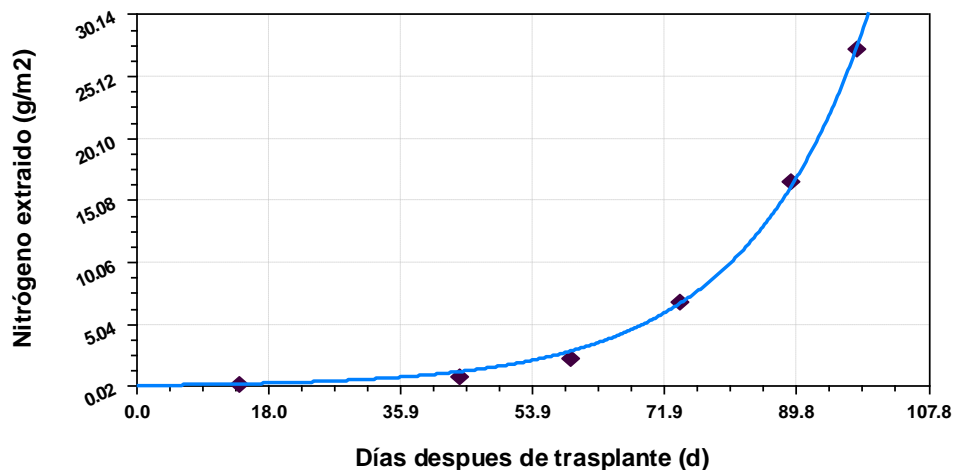


Figura 1. Extracción nutrimental del nitrógeno por el cultivo de repollo.

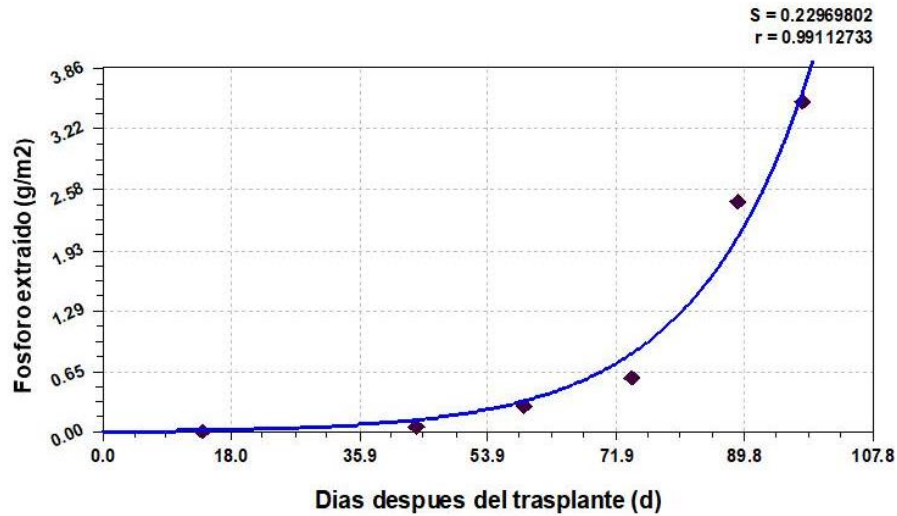


Figura 2. Extracción nutrimental de fósforo para el cultivo de repollo

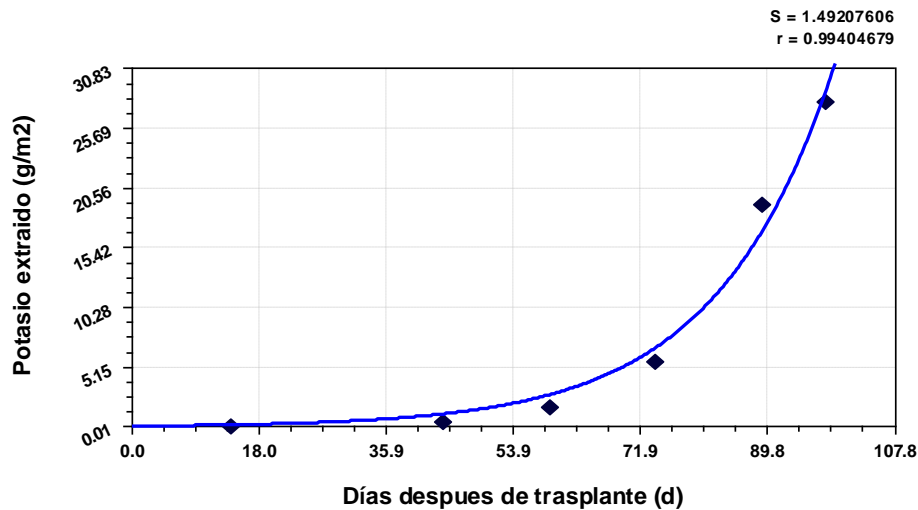


Figura 3. Extracción nutrimental del potasio para el cultivo de repollo

Cuadro 1. Valores de los parámetros del modelo logístico

Parámetros	Nitrógeno	Fosforo	Potasio
α	1188.030	6.410	76.412
b	2.613	4.960	3.744
c	0.013	0.056	0.038



Conclusiones

En primer término, con el uso del modelo logístico y su uso matemático permitió obtener la medición en la curva de extracción y nutrientes, ya que dicho modelo difiere de una ecuación logística que lleva relación entre el tiempo y absorción de nutrientes. Para interpretar la curva de absorción de N, P, K, con base a los resultados de las gráficas de absorción se muestra que la curva de extracción de los nutrientes marca una tendencia, siguiendo una curva de extracción que muestra que a partir de 45 días aproximadamente comienza a subir el nivel de absorción de NPK con un margen de error estándar mínimo y un buen coeficiente de correlación la medida.

Referencias Bibliográficas

- Ciampitti, I. A., & García, F. O. (2007). Requerimientos nutricionales absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. Boletín Técnico, Buenos Aires (Argentina): International Plant Nutrition Institute (IPNI).
- Castro, B. R.; Galvis, S. A.; Sánchez, G. P.; Peña, L. A.; Sandoval, V. M. y Alcántar, G. G. 2004. Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 10(2):147-152.
- Martínez-Ruiz, A., Sánchez-García, P., Pineda-Pineda, J., Prado-Hernández, J. V., & Ruiz-García, A. (2019, June). Prediction of nitrogen, phosphorus and potassium uptake using a photothermal model. In International Symposium on Advanced Technologies and Management for Innovative Greenhouses: GreenSys2019 1296 (pp. 469-476).
- Elia, A. y Conversa, G. (2012). Respuestas agronómicas y fisiológicas de un cultivo de tomate al aporte de nitrógeno. Revista Europea de Agronomía, 40, 64-74.
- López, M., Chaves, M. y Flórez, V. (2011). Modelos de cultivos y modelos fenológicos. Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá[Enlaces], 153-177.
- López-Astilleros, O., Vinay Vadillo, J. C., Villegas-Aparicio, Y., López Guerrero, I., & Lozano-Trejo, S. (2020). Dinámica de crecimiento y curvas de extracción de nutrientes de *Pennisetum* sp.(Maralfalfa). Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(1), 255-265.
- Ramos, J. Z. C., de la Torre, R. R. R., & de CIBA-IPN, C. T. M. Anacleto Sosa Baldivia¹, 5, Guadalupe Ruíz Ibarra², Juliana Padilla Cuevas³, Jorge D. Etchevers Barra³. (2017). Curva de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Coolward.
- Molina, E., & Rodríguez, J. H. (2012). Fertilización con n, p, kys, y curvas de absorción de nutrimentos en arroz var. Cfx 18 en Guanacaste. Agronomía costarricense, 36(1), 39-51.
- Escobar, E. H. (2021). Evaluación de la extracción de n, pyk en el cultivo de Brócoli Var.



Avenger (Master's thesis).