

Diagnóstico Nutrimental para Nitratos en el Extracto Celular en Chile Habanero



Fidel Núñez-Ramírez
Luis Antonio González-Anguiano
Juan Carlos Vázquez-Angulo
Blancka Yesenia Samaniego-Gómez
Aurelia Mendoza-Gómez
Ariana Isabel Torres-Bojórquez
Isabel Escobosa-García
Isidro Bazante-González
Víctor Alberto Cárdenas-Salazar

DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL PARA NITRATOS EN EL EXTRACTO CELULAR EN CHILE HABANERO

AUTORES

Fidel Núñez-Ramírez •
Luis Antonio González-Anguiano •
Juan Carlos Vázquez-Angulo •
Blancka Yesenia Samaniego-Gámez •
Aurelia Mendoza-Gómez •
Ariana Isabel Torres-Bojórquez •
Isabel Escobosa-García •
Isidro Bazante-González •
Víctor Alberto Cárdenas-Salazar •

 OmniaScience

España

Diagnóstico nutrimental para nitratos en el extracto celular en chile habanero

Autores: Fidel Núñez-Ramírez, Luis Antonio González-Anguiano, Juan Carlos Vázquez-Angulo, Blanca Yesenia Samaniego-Gómez, Aurelia Mendoza-Gómez, Ariana Isabel Torres-Bojórquez, Isabel Escobosa-García, Isidro Bazante-González, Víctor Alberto Cárdenas-Salazar



ISBN: 978-84-122028-6-1

DOI: <https://doi.org/10.3926/oms.406>

OmniaScience

© OmniaScience (Omnia Publisher SL), Terrassa, Barcelona, Spain, 2020

Imágenes de cubierta: autores

OmniaScience no se hace responsable de la información contenida en este libro y no aceptará ninguna responsabilidad legal por los errores u omisiones que puedan existir.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
INTRODUCCIÓN	13
Resumen general.....	13
General abstract.....	13
1. Introducción.....	15
2. Objetivos.....	16
3. Hipótesis	16
4. Revisión de la literatura	16
4.1. Técnicas de diagnóstico de la nutrición en plantas.....	17
4.2. Análisis rápido de con equipos portátiles (Cardy)	18
4.3. Proceso analítico y normas operativas del análisis de extracto celular	19
4.4. Nitratos en el extracto celular versus nitratos en tejido seco.....	20
4.5. Métodos de interpretación de los análisis químicos del tejido vegetal.....	21
Referencias.....	23

CAPÍTULO 1. APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS A DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO SOBRE EL CRECIMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE NITRATOS Y POTASIO EN EL EXTRACTO CELULAR27

Resumen.....	27
Abstract.....	28
1. Materiales y métodos	29
1.1. Ubicación del estudio.....	29
1.2. Variables de crecimiento.....	29
1.3. Análisis estadísticos	30
2. Resultados y discusión.....	30
2.1. Altura de las plántulas	30
2.2. Número de hojas.....	32
2.3. Peso seco de las plántulas	33
2.4. Nitratos en extracto celular versus concentración de N en la solución nutritiva	35
2.5. Potasio en extracto celular versus concentración de K en la solución nutritiva	36
2.6. Nitratos en extracto celular versus biomasa	37
3. Conclusiones	38
Referencias.....	39

CAPÍTULO 2. NITRATOS Y POTASIO EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO (*CAPSICUM CHINENSE* JACQ.)41

Resumen.....	41
Abstract.....	42
1. Introducción.....	43
2. Materiales y métodos	44
2.1. Nitratos en extracto celular de peciolo.....	45
2.2. Rendimiento y calidad del fruto	45

2.3. Análisis estadístico	46
3. Resultados.....	46
3.1. Nitratos en extracto celular de pecíolo y dosis aplicadas.....	46
3.2. Nitratos en extracto celular de pecíolo y rendimiento	48
3.3. Rendimiento.....	49
4. Discusión	50
5. Conclusiones	51
Referencias	52

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Características de las plántulas de chile habanero al momento del trasplante.....	30
Tabla 2. Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la altura del cultivo de chile habanero.....	31
Tabla 3. Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre el número de hojas del cultivo de chile habanero.....	32
Tabla 4. Características físicas y químicas del suelo experimental	44
Tabla 5. Designación de la calidad del chile habanero	45
Tabla 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) durante tres cortes	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dinámica de crecimiento expresado como altura en plántulas de chile habanero por efecto de tres concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva	31
Figura 2. Dinámica de crecimiento expresado como altura en plántulas de chile habanero por efecto de dos concentraciones de potasio en la solución nutritiva	32
Figura 3. Dinámica de crecimiento expresado como número de hojas en plántulas de chile habanero por efecto de tres concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva	33
Figura 4. Dinámica de crecimiento expresado como número de hojas en plántulas de chile habanero por efecto de dos concentraciones de potasio en la solución nutritiva	33
Figura 5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de peso seco en tallos de plantas de chile habanero	34
Figura 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el peso seco de las hojas de plantas de chile habanero.....	34
Figura 7. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de biomasa total en plantas de chile habanero	35
Figura 8. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva el contenido de nitratos en el extracto celular de hojas en plántulas de chile habanero	36

Figura 9. Efecto de la concentración de potasio en la solución nutritiva en el contenido de potasio en el extracto celular de hojas en plántulas de chile habanero	37
Figura 10. Relación entre el peso seco total y la concentración de nitratos en el extracto celular de hojas en plántulas de chile habanero.....	37
Figura 11. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 60 ddt en el cultivo de chile habanero. Cada barra representa el promedio de 4 repeticiones \pm error estándar. Columnas con diferente letra denotan diferencia ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey	46
Figura 12. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en el cultivo de chile habanero. Cada barra representa el promedio de 4 repeticiones \pm error estándar. Columnas con diferente letra denotan diferencia ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey	47
Figura 13. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en el cultivo de chile habanero. Cada barra representa el promedio de 4 repeticiones \pm error estándar. Columnas con diferente letra denotan diferencia ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey	47
Figura 14. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 60 ddt en el cultivo de chile habanero.....	48
Figura 15. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en el cultivo de chile habanero.....	48
Figura 16. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en el cultivo de chile habanero.....	49

Resumen general

El monitoreo nutrimental en cultivos hortícolas representa es una herramienta que ayuda a modificar y ajustar las dosis de fertilización originalmente proyectadas. En esta investigación a través de dos experimentos, se identificó la respuesta del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la aplicación de nitrógeno y su concentración de nitratos en el extracto celular asociada al crecimiento y rendimiento. El primer estudio se realizó bajo condiciones de invernadero y en plántulas. Se estudiaron tres dosis de nitrógeno aplicadas en solución nutritiva y dos dosis de potasio. Se midió el crecimiento y rendimiento del cultivo, así como la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular. En el segundo experimento, se estudiaron cuatro dosis de nitrógeno y se midió el rendimiento y la calidad del cultivo manejado en condiciones de campo. Así mismo durante el crecimiento del cultivo se midió la concentración de nitratos en el extracto celular. Los métodos, materiales utilizados, así como los resultados y conclusiones de cada experimento se presentan por separado. De forma general se concluyó que el monitoreo de los nitratos en el extracto celular en chile habanero es una herramienta que se puede utilizar para hacer ajustes en la fertilización del cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento.

Palabras clave: capsicum chinense, savia, nutrición mineral, nitrógeno, potasio.

General abstract

The nutritional monitoring in horticultural crops represents a tool that helps to modify and adjust of the originally projected fertilization rates. In this research through two experiments, it was identified the response of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) to the nitrogen application and the nitrates concentration in the cellular extract associated to growth and yield. The first study was performed under greenhouse conditions and in plantlets. Three nitrogen concentrations applied in a nutritive solution and two potassium concentrations were studied. The crop growth and yield were measured, as well as the nitrates and potassium concentrations in the cellular extract. In the second experiment, four rates of nitrogen were studied under field conditions and the crop growth and yield and quality were measured. Likewise, during the crop growth the concentration of nitrates in the cellular extract was measured. The methods, materials used, results and conclusions of each experiment are presented separately. In a general it was concluded that the screening of nitrates in the cellular extract of habanero pepper is a tool that can be used to make fertilization adjustments through the crop growth cycle.

Key words: capsicum chinense, quick test, mineral nutrition, nitrogen, potassium.

1. Introducción

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es uno de los cultivos más importantes en México debido a su demanda en el mercado internacional. El habanero es cultivado en regiones tropicales del sur de México, aunque la superficie actual del cultivo se ha extendido a pesar de la diversidad de climas (Conaproch, 2007). La adaptación de este cultivo a condiciones adversas se ha visto favorecida por la implementación de prácticas de manejo como la fertirrigación a través de los sistemas de riego presurizado. Sin embargo, para lograr un aprovechamiento adecuado de estas tecnologías de riego y fertilización es necesario desarrollar técnicas de manejo de la nutrición y monitoreo nutrimental para este cultivo de acuerdo a cada condición edafoclimáticas en particular donde se desarrolle (Etchevers 1999).

Usualmente la dosis total de fertilización se basa en la cantidad de nutrientes removidos por el cultivo, la concentración de nutrientes en suelo, y un factor de eficiencia tomado por el cultivo. De acuerdo a Tun (2001), una hectárea establecida con 25,000 plantas de chile habanero extrae 214, 135 y 225 kg de N, P₂O₅ y K₂O. Después de definir la dosis total de nutrientes es necesario fraccionarla a lo largo de la estación de crecimiento de acuerdo a la demanda previamente establecida. El siguiente paso es monitorear la nutrición del cultivo para identificar si la planta está absorbiendo afectivamente los nutrientes aplicados. Para lograr este objetivo en cultivos hortícolas se utiliza el análisis de nitratos y potasio en algún órgano de referencia de la planta.

El monitoreo nutrimental basado en el análisis de nitratos y potasio en el extracto celular de peciolo ha mostrado ser una alternativa viable para ajustar dosis de fertilización originalmente planteadas (Matthäus & Gysi, 2001). Existen estudios realizados en cultivos como chile (Hartz et al., 1993), tomate (Llanderal et al., 2019), brócoli (Thompson et al., 1997), cebolla, repollo y zanahoria (Westerveld et al., 2004) entre otros. En casi todos ellos se encontró una relación positiva entre las concentraciones de nitratos en el extracto celular y el rendimiento de dichos cultivos. Usualmente los estudios enfocan diferentes etapas de crecimiento y desarrollo. Y en ellas las concentraciones asociadas al rendimiento difieren conforme las plantas crecen. Es en este aspecto que este tipo de monitoreo tiene sus ventajas.

En este sentido, en el cultivo de chile existe muy poca la información desarrollada sobre monitoreo nutrimental en el extracto celular y la existente corresponde

a otros tipos de chiles y pimientos (Brizuela-Amador et al., 2005). El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del cultivo de chile habanero a la aplicación de los fertilizantes nitrógeno y potasio, y su relación con el contenido de nitratos y potasio en el extracto celular, además del crecimiento y desarrollo.

2. Objetivos

Experimento 1: Aplicación de soluciones nutritivas a diferente concentración de nitrógeno y potasio sobre el crecimiento y concentración de nitratos y potasio en el extracto celular.

Evaluar la respuesta del cultivo de chile habanero a la aplicación de los fertilizantes en solución nutritiva (nitrógeno y potasio), y su relación con el contenido de nitratos y potasio en el extracto celular, además del crecimiento y desarrollo.

Experimento 2: Fertilización nitrogenada en el cultivo de chile habanero y su contenido de nitratos en el extracto celular.

Evaluar la fertilización nitrogenada en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado a cielo abierto, y su respuesta en los contenidos de nitratos en extracto celular y su relación con el rendimiento.

3. Hipótesis

Las hipótesis que se plantearon en ambos experimentos fueron:

H₀: La aplicación de nitrógeno en plantas del cultivo de chile habanero tiene efecto en la concentración de nitratos en el extracto celular, en el crecimiento y el rendimiento de fruta.

H_a: La aplicación de nitrógeno en plantas del cultivo de chile habanero no tiene efecto en la concentración de nitratos en el extracto celular, en el crecimiento y el rendimiento de fruta.

4. Revisión de la literatura

En esta sección dedicada a los componentes que justifican el documento, se incluye información relacionada con técnicas de diagnóstico nutricional en específico del análisis de tejido vegetal y de nitratos en el extracto celular en varios cultivos.

4.1. Técnicas de diagnóstico de la nutrición en plantas

Uno de los principales problemas que enfrentan los profesionistas de la agro-nomía, los productores y todos aquellos que se encuentran relacionados con la producción de cultivos básicos, ornamentales, plantas forrajeras, forestales o cultivos para la industrialización, son las constantes reducciones de rendimientos y calidades, debido a alteraciones nutrimentales que las plantas presentan durante su desarrollo y crecimiento. Esto debido a que uno o más elementos esenciales, se encuentran no disponibles o limitados en el suelo o sustrato donde se desarrolla el cultivo, provocando un desarrollo anormal de las plantas.

Para resolver este problema, se han desarrollado diversos métodos de diagnóstico, entre los que se encuentran los análisis de suelo, identificación sintomatológica, pruebas bióticas y el análisis vegetal (Alcantar & Sandoval, 1999). Estos métodos tienen ciertos alcances y limitaciones que los hace independientes para la identificación y solución del problema.

El análisis de tejido vegetal ha sido desarrollado desde inicios de 1800s, comenzando en Europa. En ese entonces, varios elementos fueron identificados como esenciales y los científicos comenzaron a analizar los contenidos de las plantas, sin pasar mucho tiempo de que utilizaran el análisis de tejido como un índice de elementos nutrimentales disponibles (Munson, 1998).

Los científicos de esa época comenzaron a relacionar las concentraciones de los elementos contenidos en las plantas completas y en ciertos órganos (hojas, tallos, frutos, peciolas, granos, etc.) con el crecimiento y desarrollo de las mismas (Goodall & Gregory, 1942); Uno de los órganos que mayormente ha correlacionado con los rendimientos (del producto de interés), es la hoja. Así el análisis nutrimental de este órgano ha sido utilizado como referencia por décadas y el órgano en el que mayormente existen reportes analíticos (Campbell, 2000).

Un sin fin de estudios han sido llevado a cabo en el que se relaciona la concentración nutrimental con el rendimiento. Tan solo por citar unos ejemplos, Castellanos et al. (2001a) encontró altas relaciones entre las concentraciones $\text{NO}_3\text{-N}$ y el rendimiento relativo en brócoli cosechado en el Bajío Guanajuatense; Taber (2006), relacionó las concentraciones de potasio con el rendimiento del cultivo de tomate cultivado en suelos de Iowa, etc.

Según Alcantar y Sandoval (1999) el análisis foliar ofrece ventajas adicionales al análisis de suelo tales como, ratificación de un diagnóstico de síntomas visuales, identificación de deficiencias latentes, evaluación de respuesta a la aplicación de fertilizantes, interpretación de resultados experimentales, definición de antagonismos o interacciones nutrimentales, además del conocimiento del funcionamiento interno de la planta entre otros.

Un punto importante al realizar el análisis foliar es la correcta toma de muestra de tejido de un cultivo. Requiere de todo cuidado posible, ya que los resultados del análisis solo serán útiles cuando el muestreo haya sido realizado de forma representativa, ya que existen marcadas diferencias de concentración de los nutrientes entre especies y aun entre genotipos de una sola especie (Castellanos et al., 2000). Además, dichas diferencias aparecen cuando se analizan los órganos en distintas etapas de desarrollo. Por ejemplo, Castellanos et al. (2001b), estudiaron la concentración de fósforo en la hoja más recientemente madura con respecto a la edad fenológica y encontró diferencias entre las concentraciones identificadas; lo mismo sucedió cuando estudió la concentración de fósforo en relación a la edad de la hoja dentro de la misma planta.

Otro punto importante, es el manejo de las muestras antes de enviarlas al laboratorio (tejido foliar seco) o de analizar el extracto celular con Cardys (Fertilab, 2011). En el caso de análisis foliar, las hojas deberán ser representativas de la población, de la misma edad, sin problemas de enfermedades o plagas, libres de polvo y residuos de pesticidas o fertilizaciones foliares, enviarlas al laboratorio en bolsa de papel y analizarlas lo más rápido posible. Para el caso extracto celular, las mismas, solo que analizarlas lo más rápido posible o guardarlas en hielo por tiempo indefinido mientras se analizan. (Fertilab, 2011).

4.2. Análisis rápido de con equipos portátiles (Cardy)

La utilización de ionímetros portátiles llamados Cardy, ha sido documentada desde principios de los 90's (Hochmouth, 1994b). Se trata de sensores manuales de fácil uso, para manejarse como herramientas en campo, con la ventaja principal de ser portátiles y obtener resultados al instante, acerca de las concentraciones de elementos minerales tales como nitratos, potasio, cloro y sodio. Existe un sensor para cada elemento mencionado y cada uno de ellos debe ser previamente calibrado con una solución estándar. Son aparatos que contienen una pantalla LCD, donde se aprecian las lecturas, sus dimensiones aproximadas son de 9.3 X

5.5 X 8.8 cm y tiene un peso aproximado de 50 gr. Sensible al manejo en altas temperatura (>40 °C).

Los Cardy, funcionan en acuerdo a un sensor doble que tienen en la parte inferior de aparato. La cobertura de este sensor con la solución (extracto celular o agua), al estar en contacto con los dos electrodos, permite el paso de iones específicos en forma de energía, la cual muestra una lectura en la pantalla LCD de la parte superior.

Las lecturas obtenidas poseen relación con concentraciones de esos mismos elementos determinados bajo métodos convencionales. Sin embargo, Castellanos et al., (2000), mencionan que la condición de hidratación de las muestras, cantidad de radiación solar, edad de las hojas son solo algunos de los factores que afectan la concentración de iones en la muestra. Por otro lado, Taber y Lawson (2007) mencionan que altas concentraciones de iones como potasio, interfieren en la lectura de los datos, ellos recomiendan la dilución de la solución a analizar. Por otro lado, Rosen et al. (1996) mencionan que la fertilización de potasio del cultivo y la temperatura ambiental tienen efecto sobre la lectura presentada por el sensor.

De cualquier forma, cual sea el caso, las determinaciones de nutrientes con el equipo Cardy, deberían ser realizadas bajo estricto control de muestreo, manejo de la muestra, calibrado del sensor e interpretación con datos generados localmente y de acuerdo a determinadas variedades. El análisis de extracto celular determinado con Cardy, es solo una herramienta complementaria al manejo de la fertilización de cultivos, adicionalmente se debería realizar el análisis foliar como una herramienta complementaria.

4.3. Proceso analítico y normas operativas del análisis de extracto celular

Una de las revisiones la cual versa sobre el proceso analítico y normas operativas del análisis de peciolo de la hoja de varios cultivos lo es el de Hochmout (1994a). El autor refiere al desarrollo de tecnología para cultivos crecidos bajo condiciones de Florida Estados Unidos y cita además, una serie de ejemplos de los mismos, con sus respectivos valores óptimos, para nutrientes principales como $\text{NO}_3\text{-N}$ y potasio.

En su revisión explica la utilización temprana del análisis a través de tiras reactivas y métodos colorimétricos, hasta los modernos medidores portátiles Cardy.

Menciona las investigaciones conducidas en diversos cultivos entre los que destacan: sandía, tomate de campo e invernadero, chile, berenjena, papa, pepino, brócoli, melón, calabaza entre otros.

Hochmout (1994a), refiere que durante la utilización de Cardy, es importante mantener calibrado del sensor. La muestra por su parte, deberá ser representativa de la población a analizar. Condicionada a estar sana y libre de enfermedades ataque de insectos. Deberá de provenir del campo o invernadero y ser inmediatamente analizada. En caso contrario, el material deberá mantenerse en refrigeración en bolsa plástica hasta posterior análisis. Es importante este aspecto, ya que al estar la muestra con altas temperaturas la actividad metabólica del tejido es alta, lo que distorsiona y da error en los resultados obtenidos.

4.4. Nitratos en el extracto celular versus nitratos en tejido seco

El concepto de análisis de savia no es reciente y su uso en Europa data desde los 70's (Cadahia & Morotta, 1997). De hecho, Castellanos et al. (2000), mencionan que el termino de análisis de savia es incorrecto, ya que el líquido citoplasmático analizado involucra una serie de solutos incluidos en la célula, y no específicamente la savia en sus dos interpretaciones (bruta y elaborada). Ellos hacen referencia a extracto celular en sus variantes según el órgano analizada (peciolo, tallo, fruto, etc.). Este tipo de análisis de este extracto ha sido probado y validado por métodos analíticos de laboratorio como absorción atómica, emisión de flama, método electrónico del ion selectivo entre otros (Karla, 1997). Recientemente se introdujo el análisis rápido de savia través de tiras reactivas (métodos colorimétricos), el cual ha relacionado bien con los métodos tradicionales de laboratorio (Hochmuth, 1994b), sin embargo, han sido remplazados gradualmente por sensores de iones de fácil manejo denominados Cardy.

La investigación sobre nutrición vegetal con este tipo de sensores ha permitido desarrollar tecnologías y avanzar en los procesos productivos. En este sentido, la validación de la utilización de ionímetros Cardy, ha sido debidamente generada. Esto ha implicado llevar a cabo estudios sobre su confiabilidad y veracidad, con el fin de aprovechar las ventajas que este tipo de sensores ofrece.

En primera instancia, se ha tratado de relacionar los resultados de concentraciones obtenidos con estos sensores, con los obtenidos en métodos tradicionales. Esto se ha llevado a cabo bajo diferentes ambientes como cielo abierto e invernadero (Fontes et al., 2003), en cultivos extensivos y vegetales (Lyons et al., 1992;

Hochmuth, 1994b), incluso hasta en solución de suelo (Fontes & Ronchi, 2002). Los Cardys, también se han probado variando dosis de fertilización y láminas de riego, como el caso de Kubota et al. (1996) y Kubota et al. (1997). Ellos variaron los tratamientos de fertilización con nitrógeno y agua en los cultivos de brócoli y coliflor. Encontraron relaciones de 0.76-0.80 entre los métodos estudiados (determinación de $\text{NO}_3\text{-N}$ en extracto celular de peciolo con Cardy y $\text{NO}_3\text{-N}$ de tejido seco de peciolo con método Electrodo selectivo de Iones; ISE), además desarrollaron ecuaciones con las que perfectamente interpolaban valores, haciéndolos de utilidad práctica para productores. Estudios similares fueron hechos por Rosen en papa al comparar potasio determinado con Cardy y con el método analítico de misión de flama en laboratorio, lo mismo realizó el Dr. Hartz y sus colaboradores de la Universidad de California en varios cultivos como chile pimiento, tomate, brócoli y lechuga (Hartz et al., 1994).

4.5. Métodos de interpretación de los análisis químicos del tejido vegetal

La interpretación de resultados requiere de tomar en cuenta el método utilizado para hacer el análisis químico de tejido y las normas o valores previamente establecidos (Cadahia & Morotta, 1997). Es sabido de la variabilidad que existe entre una misma población, variedad o especie (Alcantar y Sandoval, 1997). La mayoría de los métodos de interpretación adolecen de referencias adecuadas, de ahí de desarrollar tecnología para cada condición edafoclimática en particular (Etchevers, 1999).

La comparación de resultados analíticos con valores preestablecidos se viene realizando de distintas formas. Algunos de ellas implican una mera comparación entre la comparación de un solo elemento y su norma, pero otros utilizan relaciones entre dos o más elementos (Westerman, 1990). En el primer caso se encuentran los tradicionales niveles críticos de deficiencia y toxicidad y el de rango de suficiencia y generalmente son los más utilizados.

Según Summer (1979), se define como nivel crítico de deficiencia a la concentración de un nutriente en particular determinado bajo condiciones experimentales, donde todos los factores de crecimiento se encuentran en un nivel óptimo, que se asocia con un valor predeterminado de rendimiento o calidad máximo. Este valor predeterminado corresponde generalmente a 90-95 % del rendimiento máximo y está comprendido dentro del rango bajo o marginal. La concentración nutrimental de un cultivo debería mantenerse siembre ligeramente arriba del

nivel crítico. El nivel crítico de toxicidad, es el que se asocia con una reducción por exceso nutrimental de 5-20 % del rendimiento máximo.

Por otro lado, Dow y Roberts (1982), describen los rangos de suficiencia a aquellos que involucran un rango nutrimental donde las concentraciones en el cultivo aseguren el rendimiento. Esto sucede regularmente entre el 90 % y 100 % del rendimiento relativo y da margen numeral al analizar las muestras y obtener un número específico. Por ejemplo, Roberts y Dow (1982) desarrollaron rangos críticos nutrimentales en fósforo, para el cultivo de papa crecida en Michigan.

Estos investigadores valoraron aplicaciones de fósforo al suelo durante dos años y determinaron una serie de ecuaciones que interpretan el rango a lo largo de la temporada de crecimiento por el cual debería el cultivo atravesar en concentraciones en el peciolo y asegura máximos rendimientos del orden del 95 % y 100 % de los rendimientos.

Referencias

1. Alcantar, G. G. & Sandoval, V. M. (1999). *Manual de análisis químico de tejido vegetal*. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo México. p. 156.
2. Brizuela-Amador, B., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Castellanos-Ramos J. Z., & Maldonado-Torres, R. (2005). Nitratos en soluciones nutritivas en el extracto celular de pecíolo de chile. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 469-476.
3. Cadahia, C., & Morotta, J. J. L. (1997). Diagnóstico de Nutrición y Recomendaciones de Abonado pp. 173-246. En *Fertirrigación, Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. Ed. Mundi-Prensa S.A.
4. Campbell, C. R. (2000). Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. *Southern Cooperative Series Bulletin*. [Http://www.ncarg.com/agronomi/saesd/authors.htm#crc](http://www.ncarg.com/agronomi/saesd/authors.htm#crc)
5. Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., & Aguilar-Santielises, A. (2000). *Memoria del curso sobre interpretación de análisis de suelos, aguas agrícolas, plantas y ECP*. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. León Guanajuato, 6-8 de Abril del 2000.
6. Castellanos, J. Z., Ojodeagua, J. L., Méndez, F., Villalobos-Reyes, S., Badillo, V., Vargas P. et al. (2001b). Phosphorus Requirement Under Garlic Fertigation. *Better Crops International*, 15, 21-23.
7. Castellanos, J.Z., Villalobos, S., Delgado, J.A., Muñoz-Ramos, J., Sosa, A., Vargas, P. et al. (2001a). Use of Best Management Practices to increase Nitrogen Use Efficiency and Protect environmental Quality in a Brocoli-Corn Rotation of Central México. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1265-1292. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104112>
8. CONAPROCH (2007). Plan Rector Nacional del Sistema Producto Chile. http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNSP_CHILE/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR%20_CNSP_CHILE%20_2012.pdf Consultado en Junio del 2011.

9. Dow, A., & Roberts, S. I. (1982). Proposal: Critical Nutrient Ranges for Crop Diagnosis. *Agronomy Journal*, 74, 401-403. <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400020033x>
10. Etchevers, B. J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutricional de los cultivos. *Terra*, 17, 209-219.
11. Fertilab (2011). Manual de muestreo de Suelo, Planta y Agua. <http://www.fertilab.com.mx/Pdf/Manual%20de%20muestreo%20de%20suelos,%20Fertilab.pdf>. Consultado en Junio del 2011.
12. Fontes, P. C. R., Coelho, E. L., & Cardoso, A. A. (2003). Petiole Sap Nitrate and Leaf Nitrogen Critical Values in Melon Plants Grown in Unheated Greenhouse and Field Conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 1403-1411. <https://doi.org/10.1081/PLN-120021050>
13. Fontes, P. C. R., & Ronchi, C. P. (2002). Critical Values of Nitrogen Indices in Tomato Plants Grown in Soil and Nutrient Solution Determined by Different Statistical Procedures. *Pesq. Agrop. Bras. Brasilia*, 10, 1421-1429. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002001000010>
14. Goodall, D. W. & Gregory, P. G. (1947). Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. Imperial Bureau Horticultural Plantations Crops. *Technical Communication No. 17*. Ministry of Agriculture, London, England.
15. Hartz, T. K., LeStrange, M., & May, D. M. (1993). Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *Hortscience*, 28, 1097-1099. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.11.1097>
16. Hartz, T. K., Smith, R., & Schulbach, K. F. (1994). On-farm nitrogen tests improve fertilizer efficiency, protect groundwater. *California Agriculture*, 48(4), 29-32. <https://doi.org/10.3733/ca.v048n04p29>
17. Hochmuth, G. J. (1994a). Efficiency ranges for Nitrate Nitrogen and Potassium for Vegetable Petiole Sap Quick Test. *Hortecchnology*, 218-222. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.4.3.218>
18. Hochmuth, G. J. (1994b). *Plant Petiole Sap-Testing for Vegetable Crops*. CIIR 1144 Horticultural Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida.

19. Karla, P. Y. (1997). *Handbook of Reference for Plant Analysis*. CRC. Press. Boca Raton. USA. 300 p.
20. Kubota, A., Thompson T. L., Doerge, T. A., & Godin, R.E. (1996). A petioles Sap Nitrate Test for Cauliflower. *Hortscience*, 31(6), 394-397. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.6.934>
21. Kubota, A., Thompson T. L., Doerge, T. A. & Godin, R.E. (1997). A petioles Sap Nitrate Test for Brocoli. *Journal of Plant Nutrition*, (6), 669-682. <https://doi.org/10.1080/01904169709365285>
22. Lyons, D. J., Hawley G. M., & Jeffrey A. J. (1992). A Sap Test for Early Diagnosis of Toxic Levels of Nitrate in Ryegrass. *Tropical Grasslands*, 26, 165-170.
23. Llanderal, A., García-Caparrós, P., Contreras, J. I., Segura M. L., & Lao M. T. (2018). Evaluation of the nutrients variability in sap of different petiole samples in tomato plant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49, 745-750. <https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1435797>
24. Munson, R. D. (1998). Principles of Plant Analysis. In *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. Edited by Yash. P. Karla. Pp.21-24. <https://doi.org/10.1201/9781420049398.ch1>
25. Matthäus D., & Gysi, C. (2001). Plant-sap analysis in vegetables – a tool decide on nitrogen top dressing. *Acta Horticulturae*, 563, 93-102. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.563.11>
26. Taber, H. G. (2006). Potassium Application and Leaf Sufficiency Level for Fresh Market Tomatoes Grown on a Midwestern United States Fine Textured Soils. *Hortechology*, 16(2), 247-252. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.16.2.0247>
27. Taber. H. G., & Lawson, V. (2007). Use of Diluted Tomato Petiole Sap for Potassium Measurement with the Cardy Electrode Meter. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 5-6, 713-718. <https://doi.org/10.1080/00103620701220627>
28. Tun, J. de la C. (2001). *Chile habanero: características y tecnología de producción*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Yucatán, México.

29. Thompson, T. L., Doerge, T. A., & Godin, R. E. (2000). Nitrogen and water interactions in subsurface drip irrigated cauliflower I. Plant response. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 406-411. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641406x>
30. Rosen, C. J., Errebhi, M., & Wang, W. (1996). Testing Petiole Sap for Nitrate and Potassium: A Comparison for Several Analytical Procedures. *Hortscience* 31(7), 1173-1176. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.7.1173>
31. Summer, M. E. (1979). Interpretation of Foliar Analysis for Diagnostic Purposes. *Agronomy Journal*, 343-348. <https://doi.org/10.2134/agronj1979.00021962007100020028x>
32. Westerman, R. L. (1990). *Soil Testing and Plant Analysis*. (3rd ed.). Soil Science Society of America. Madison Wisconsin. <https://doi.org/10.2136/ssa-bookser3.3ed>
33. Westerveld, S. M., McKeown, A. W., McDonald, M. R., & Scott-Dupree, C. D. (2004). Assessment of chlorophyll and nitrate meters as field tissue nitrogen tests for cabbage, and onions, and carrots. *Hortechonology*, 14(2), 179-188. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0179>

APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS A DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO Y POTASIO SOBRE EL CRECIMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE NITRATOS Y POTASIO EN EL EXTRACTO CELULAR

Resumen

Bajo condiciones de invernadero se evaluó la respuesta en crecimiento, biomasa y contenidos de nitratos y potasio en extracto celular de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) respecto a la aplicación de nitrógeno y potasio. Se estudiaron tres dosis de nitrógeno y dos de potasio, aplicadas en forma semanal a las plántulas (N: 12.5, 25 y 50; K: 0 y 20.0 mg L⁻¹semana⁻¹). El diseño experimental utilizado fue de bloques distribuidos al azar en parcelas divididas, con tres repeticiones. La parcela principal fue la dosis de nitrógeno y la subparcela la dosis de potasio. Al final del experimento, la aplicación de nitrógeno afectó el número de las hojas, pero no la altura de las plantas. El peso seco de la biomasa total, respondió linealmente a la aplicación de nitrógeno. Sin embargo, los contenidos de nitratos en el extracto celular se incrementaron cuadráticamente a la aplicación de nitrógeno. Para el caso del potasio, ningún parámetro evaluado resultó afectado a la aplicación de este nutriente. Se concluye que la aplicación de nitrógeno a plantas de chile habanero afecta el crecimiento, biomasa y contenidos de nitratos en extracto celular, no siendo así la aplicación de potasio, el cual no afectó ninguno de los parámetros evaluados.

Palabras clave: análisis rápidos, capsicum chinense, nitrógeno, nutrición mineral, potasio.

Abstract

Under greenhouse conditions the growth response, biomass and concentration of nitrates were assessed in cellular plant extracts of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) regarding the nitrogen and potassium. Three doses of nitrogen and two of potassium were studied and applied weekly to plantlets (N: 12.5, 25 and 50; K: 0 and 20.0 mg L⁻¹week¹). The experimental design was randomly distributed blocks in split plots, with three repetitions. The main plot contained the nitrogen doses and the subplot the potassium doses. At the end of the experiment, the nitrogen application affected the number of leaves but not the plant height. The dry weight of the total biomass, responded linearly to the nitrogen application. However, the contents of nitrates in the cellular extract were quadratically increased when nitrogen was applied. In the case of the potassium, none of the evaluated parameters was affected when this nutrient was applied. It can be concluded the nitrogen application in habanero pepper plants affects the growth, biomass and the contents of nitrates in the cellular extract, not being like this when potassium was applied, which did not affect any of the evaluated parameters.

Key words: capsicum chinense, quick test, mineral nutrition, nitrogen, potassium.

1. Materiales y métodos

1.1. Ubicación del estudio

La presente investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California en Mexicali Baja California. El invernadero era de policarbonato y sin control de temperatura. Se utilizaron plántulas de chile habanero de la variedad “naranja”, trasplantadas en macetas de 12 x 12 cm de diámetro y altura con un volumen de sustrato de 1.25 dm³ de sustrato (Peat moss-arena; 1:1). Las características de las plántulas al trasplante se presentan en el Cuadro 1.

Las dosis de fertilización evaluados consistieron en realizar aplicaciones semanales de soluciones conteniendo concentraciones de 12.5, 25 y 50 mg L⁻¹ de nitrógeno (N), mientras que para el caso de potasio (K) solo se utilizaron dos dosis: 0 y 20.0 mg L⁻¹. Se utilizó urea (46 %) como fuente de nitrógeno. La dosis de riego se varió según el tiempo que duró el experimento, comenzando con 50 mL y finalizando con 120 mL de agua por día por maceta. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela principal fue la dosis nitrógeno y la subparcela la dosis de potasio. Cada parcela experimental consistió en cuatro plantas de chile habanero.

1.2. Variables de crecimiento

Altura y número de hojas. Durante las primeras cuatro semanas del experimento se tomaron mediciones de altura y número de hojas en las cuatro plantas. Después de la cuarta semana y hasta el final del experimento las mediciones fueron hechas en solo dos plantas. Se consideró como valor representativo el promedio de las mismas.

Concentración de nitratos y potasio. A la cuarta semana después del trasplante en dos plantas por tratamiento, se contabilizaron siete de hojas desde el ápice hacia abajo, el resto de las hojas se colectaron con el fin de determinar el contenido de nitratos y potasio en el extracto celular. El extracto celular fue extraído con una prensa manual de ajos y el líquido resultante se analizó con ionímetros portátiles Cardy Horiba específicos para cada mineral (Cardy Meter, Horiba, Inc.).

Tabla 1. Características de las plántulas de chile habanero al momento del trasplante

Variable	Valor (Desv. est)
Altura (cm)	7.47 (0.252)
Número de hojas	8.33 (2.517)
Diámetro de tallo (mm)	2.06 (0.061)
Peso fresco aéreo	0.71 (0.183)
Peso fresco raíz	0.34 (0.046)
Peso fresco total	1.05 (0.174)
Peso seco aéreo	0.19 (0.231)
Peso seco raíz	0.20 (0.137)
Peso seco total	0.39 (0.222)

Seis semanas después de iniciado el experimento, se colectaron las plantas de cada tratamiento y se les determinó el peso seco de la parte aérea. Las muestras se sometieron a secado en estufa a aire constante (60 °C), por 72 horas. Cada muestra fue dividida en hojas y tallos y pesada en balanza de precisión (Ohaus Compass™).

1.3. Análisis estadísticos

A los valores obtenidos de altura, número de hojas y peso seco se les realizó análisis de varianza. Cuando se identificó efecto significativo en la interacción N × K, o a cada factor por separado, se les realizó la prueba de Tukey (0.05). Por otro lado, las concentraciones de nitratos y potasio se graficaron versus pesos seco total. A través de técnicas de regresión se escogió la ecuación que más se ajustó al modelo de crecimiento, de acuerdo a la R² obtenida.

2. Resultados y discusión

2.1. Altura de las plántulas

El Cuadro 2 presenta los valores de la variable altura encontrados de acuerdo al tratamiento aplicado. No se identificó efecto en la interacción N × K en ninguna de las mediciones realizadas ($P > 0.05$). Por otro lado, durante las primeras cuatro semanas de iniciado el estudio, no se encontró una diferencia significativa a la aplicación del tratamiento nitrógeno. Fue hasta la séptima semana que la dosis de 25 y 50 mg L⁻¹ superaron en un 11 y 15 % en altura en comparación al tratamiento de 12.5 mg L⁻¹ de nitrógeno ($P < 0.05$).

Tabla 2. Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la altura del cultivo de chile habanero

Factor/semana		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Séptima
Nitrógeno (N)	12.5 mg L ⁻¹	7.47	8.23	10.97	11.43	14.13
	25.0 mg L ⁻¹	7.47	7.51	9.73	10.81	15.84
	50.0 mg L ⁻¹	7.47	7.96	10.53	11.33	16.43
	Significancia	NS†	NS	NS	NS	**
Potasio (K)	0 mg L ⁻¹					
	20 mg L ⁻¹					
	Significancia	NS	NS	NS	NS	NS
Interacción N × K	Significancia	NS	NS	NS	NS	NS

†NS: No significativo; **: Significante a P ≤ 0.01.

Las Figuras 1 y 2, muestran la dinámica de crecimiento de las plantas de chile habanero por efecto de las dosis de nitrógeno y potasio en la solución nutritiva. La dosis de 12.5 mg L⁻¹, alcanzó alrededor de 14.13 cm de altura en promedio, y se diferenció estadísticamente de las plantas crecidas con las dosis de 25 y 50 mg L⁻¹ (P < 0.05), las cuales alcanzaron un valor promedio de 16.13 cm. Para el caso de las dosis de potasio, las plantas crecieron igual durante todo el experimento.

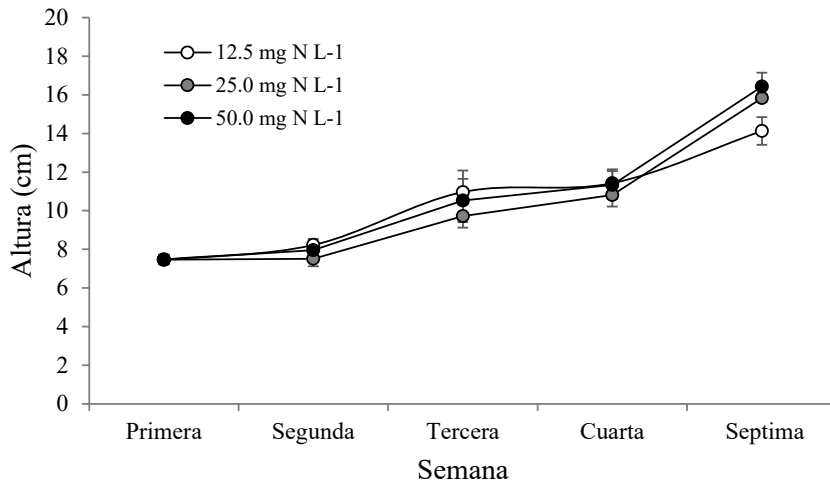


Figura 1. Dinámica de crecimiento expresado como altura en plántulas de chile habanero por efecto de tres concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva

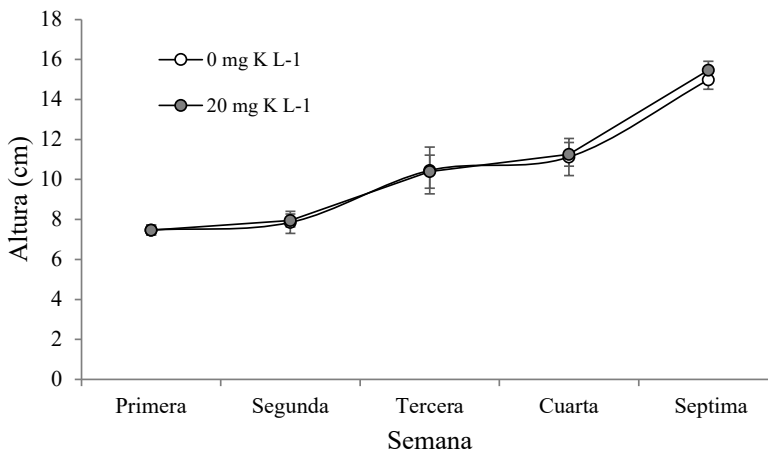


Figura 2. Dinámica de crecimiento expresado como altura en plántulas de chile habanero por efecto de dos concentraciones de potasio en la solución nutritiva

2.2. Número de hojas

El Cuadro 3, presenta la respuesta de las plántulas en número de hojas a la aplicación de nitrógeno y potasio. No se identificó efecto en la interacción $N \times K$, ni en cada factor por separado ($P > 0.05$). Las plántulas iniciaron con 8.33 hojas y finalizaron con un promedio de 34.35 hojas por planta. La mayor tasa de acumulación de hojas fue entre la segunda y tercera semana después de iniciado el experimento, con un promedio de 12.62 hojas por planta en ese periodo. (Figuras 3 y 4).

Tabla 3. Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre el número de hojas del cultivo de chile habanero

Factor/semana		Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Séptima
Nitrógeno (N)	12.5 mg L ⁻¹	8.33	9.75	21.37	30.43	33.40
	25.0 mg L ⁻¹	8.33	9.50	22.12	33.31	35.42
	50.0 mg L ⁻¹	8.33	9.87	23.62	30.44	34.24
	Significancia	NS†	NS	NS	NS	NS
Potasio (K)	0 mg L ⁻¹	8.33	10.0	21.58	30.87	33.46
	20 mg L ⁻¹	8.33	9.41	23.16	31.91	34.98
	Significancia	NS	NS	NS	NS	NS
Interacción $N \times K$	Significancia	NS	NS	NS	NS	NS

†NS: No significativo.

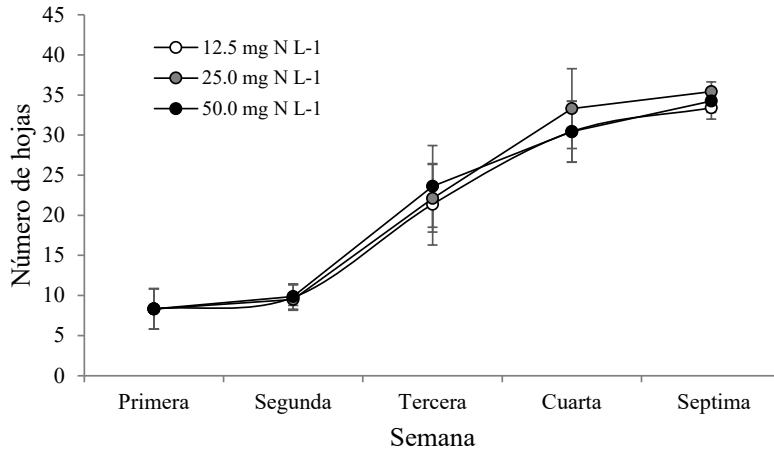


Figura 3. Dinámica de crecimiento expresado como número de hojas en plántulas de chile habanero por efecto de tres concentraciones de nitrógeno en la solución nutritiva

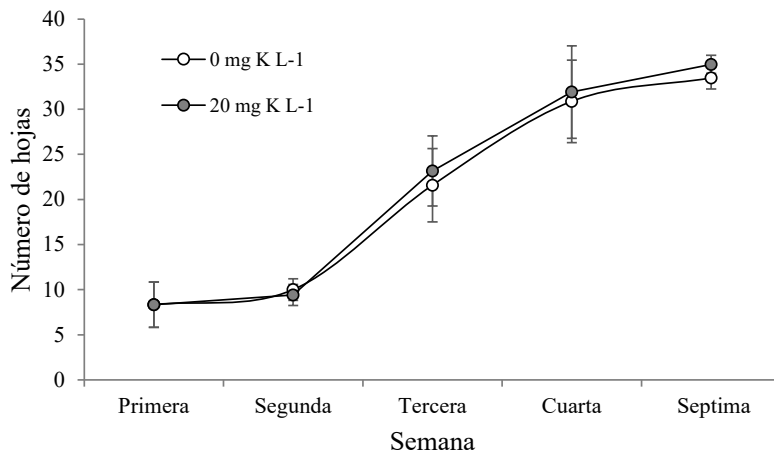


Figura 4. Dinámica de crecimiento expresado como número de hojas en plántulas de chile habanero por efecto de dos concentraciones de potasio en la solución nutritiva

2.3. *Peso seco de las plántulas*

No se identificó efecto en la interacción N × K, en el peso seco de las plantas ni sus componentes en cada factor por separado ($P > 0.05$) y por lo tanto solo se presentan los resultados del factor nitrógeno. La Figura 5, muestra la respuesta en el peso seco de los tallos por efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva.

Para este último factor las diferencias fueron altamente significantes ($P < 0.001$). La aplicación de nitrógeno incrementó el peso seco de forma sustancial. La dosis de 25 mg N L^{-1} , superó en peso seco a la de 12.5 mg N L^{-1} en alrededor de 40 %, mientras que la dosis de 50 mg N L^{-1} , la superó en superó en alrededor de 180 %.

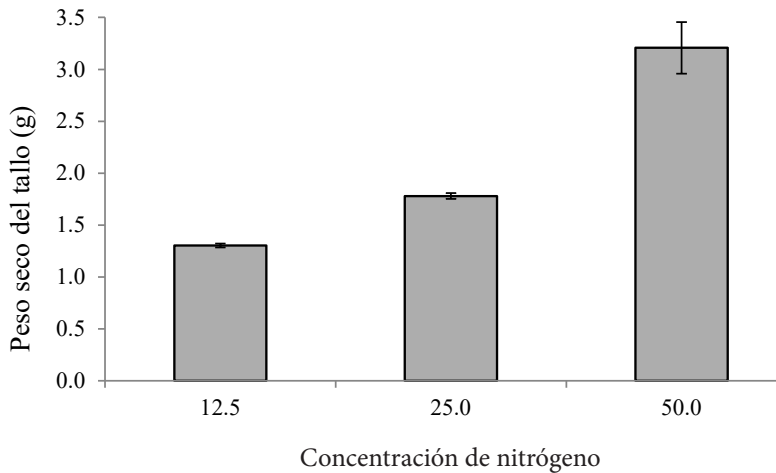


Figura 5. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de peso seco en tallos de plantas de chile habanero

Para el caso de la respuesta en el peso seco de las hojas por efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva (Figura 6), las dosis de 25 y 50 mg N L^{-1} , superaron en el doble la biomasa producida por la dosis de 12.5 mg N L^{-1} .

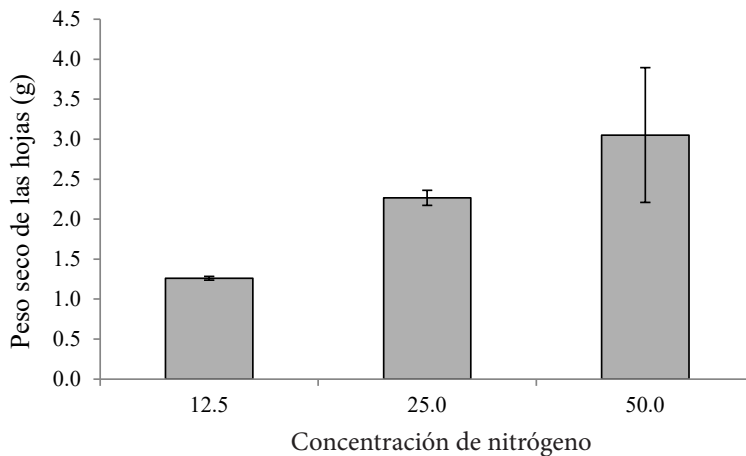


Figura 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el peso seco de las hojas de plantas de chile habanero

Al final del estudio el peso seco total de las plántulas de chile habanero, incrementaron conforme la dosis de nitrógeno incrementó (Figura 7). Los tratamientos 25 y 50 mg N L⁻¹, acumularon un 58 % y 144 % más materia seca en relación al tratamiento 12.5 mg L⁻¹ de nitrógeno. Esto ejemplifica que las plantas manejadas con las dosis de 25 y 50 mg L⁻¹ de nitrógeno por semana mantuvieron una condición de crecimiento muy superior a la del tratamiento 12.5 mg L⁻¹ de nitrógeno.

Los resultados anteriores se reflejaron principalmente por el incremento en la altura de la planta, la biomasa de los tallos o posiblemente como un incremento en el área foliar, ya que el número de hojas permaneció igual durante el experimento (Cuadro 2). Así mismo el área foliar pudo haber sido acompañado por un mayor grosor de hojas, lo que comúnmente se le llama área foliar específica y es representada por el peso seco por cada unidad de área de las hojas (Hunt, 2017).

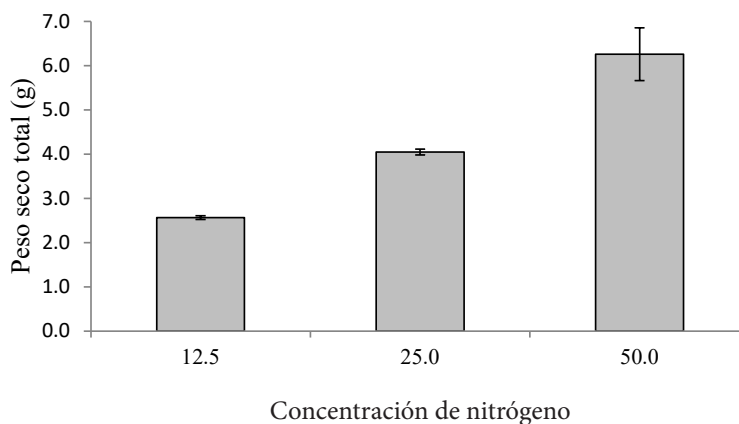


Figura 7. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el contenido de biomasa total en plantas de chile habanero

2.4. Nitratos en extracto celular versus concentración de N en la solución nutritiva

Al relacionar la concentración de nitratos extraídos del jugo celular de las hojas, y asociados a la dosis de nitrógeno aplicada en la solución nutritiva, se encontró un efecto significativo cuadrático ($P < 0.001$; $R^2: 0.7129$) (Figura 8). Lo anterior significa que la concentración de nitratos en el extracto celu-

lar, dependió de la dosis de N utilizada. Considerando la ecuación resultante ($N = [-0.7484x^2] + 52.467 - 122.22$) el punto de inflexión de la curva estuvo ubicado en una concentración de alrededor de 35 mg N L^{-1} en la solución nutritiva para alcanzar una concentración máxima de nitratos en el extracto celular de hoja de 797.33 mg L^{-1} .

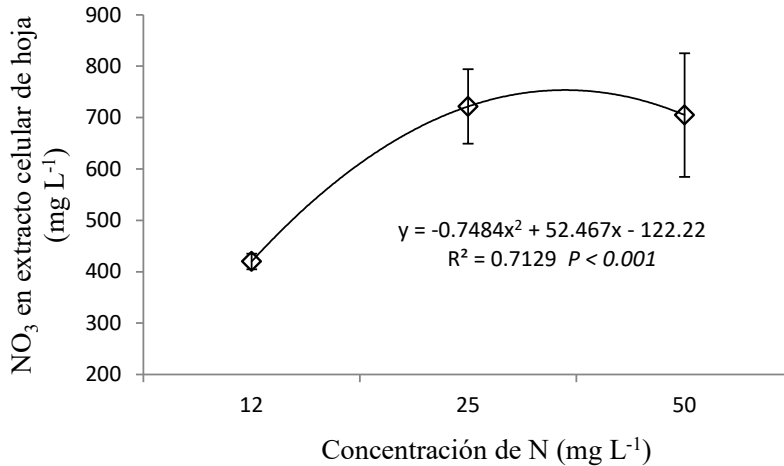


Figura 8. Efecto de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva el contenido de nitratos en el extracto celular de hojas en plántulas de chile habanero

2.5. Potasio en extracto celular versus concentración de K en la solución nutritiva

No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) de la concentración de potasio en la solución nutritiva sobre el contenido de potasio en el extracto celular de hojas de chile habanero. Los valores en el extracto celular estuvieron en el orden de los 6000 a 8000 mg K L^{-1} (Figura 9). Al respecto Kumaran et al. (2016), menciona que los sustratos compostados a base de peat-moss y otros compuestos orgánicos a base musgo, contienen apreciables concentraciones de nutrientes, que pueden servir como medio de nutrientes para determinados cultivos como algas. Por otro lado, Borge-Gómez et al., (2006) mencionan que la tasa de absorción de potasio por plantas de chile habanero depende del volumen radicular y la concentración de potasio en el sustrato. Ellos identificaron absorciones de $4.8 \times 10^{-4} \mu\text{M cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

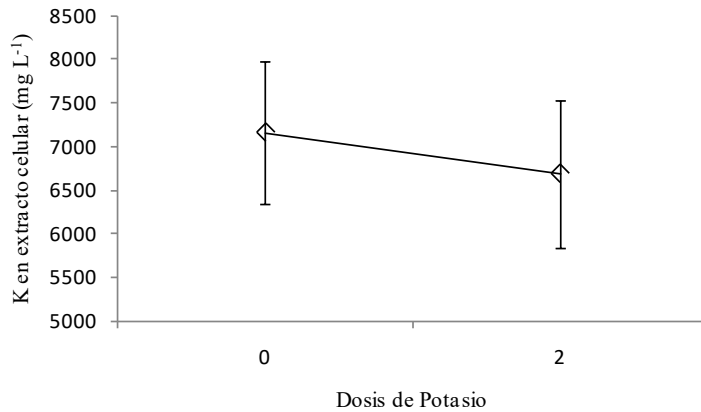


Figura 9. Efecto de la concentración de potasio en la solución nutritiva en el contenido de potasio en el extracto celular de hojas en plántulas de chile habanero

2.6. Nitratos en extracto celular versus biomasa

Al relacionar la concentración de nitratos en el extracto celular de hoja y el peso seco total de las plántulas de chile habanero, se encontró un grado de asociación del 64 % ($R^2 = 0.6462$) y con alto grado de significancia ($P < 0.05$) (Figura 10). De tal forma que, siguiendo el modelo obtenido, para alcanzar un peso seco total máximo de 90 a 100%, se debería de tener concentraciones en el extracto celular de hoja de 580 a 710 $\text{mg NO}_3 \text{ L}^{-1}$. Los resultados obtenidos en este estudio distan a los encontrados por Johnson y Decoteau (1996) quienes estudiando dosis de potasio en chile jalapeño encontraron una respuesta lineal en biomasa producida y concentración de este elemento en tejido foliar en acuerdo a dosis aplicada.

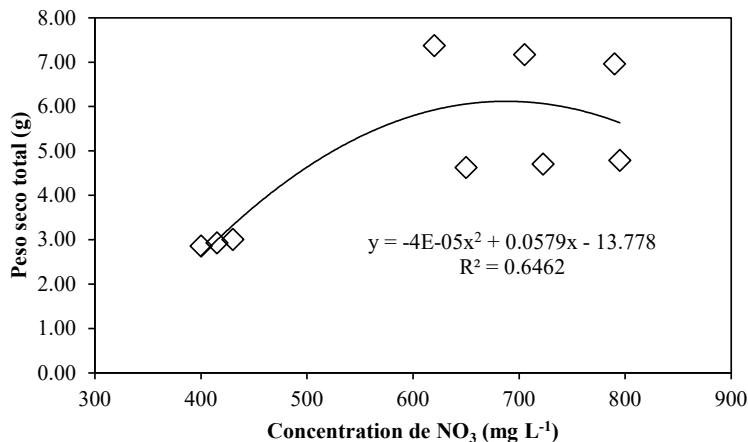


Figura 10. Relación entre el peso seco total y la concentración de nitratos en el extracto celular de hojas en plántulas de chile habanero

Es posible inferir que la técnica de monitoreo de la nutrición nitrogenada en el cultivo de chile habanero a través del análisis de extracto celular representa una opción a considerar a fin de realizar una correcta nutrición del cultivo. El caso del potasio se requiere estudiar dosis mayores a las presentadas en este estudio, para conocer mejor su comportamiento con la bio-productividad del cultivo. En otros cultivos como tomate, Locascio et al. (1997) no se encontró respuesta a la aplicación de dosis de potasio. Sin embargo, si se identificó un decremento en la concentración de este elemento en las plantas conforme transcurrió el tiempo.

3. Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que las plántulas de chile habanero respondieron a la aplicación de nitrógeno en las variables de peso seco total, altura y nitratos en extracto celular. Para el caso de potasio no se encontró respuesta a la aplicación de los tratamientos. Por lo anterior, se considera que el análisis de nitratos en el extracto celular de hoja es una herramienta que puede servir para monitorear el estado nutrimental del cultivo de chile habanero asociado al crecimiento.

Referencias

1. Borges-Gómez, L., Chuc-Puc, J., Escamilla-Bencomo, A., & Medina-Lara, F. (2006). Cinética de la absorción de potasio por las raíces de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 40(4), 431-440.
2. Brizuela-Amador, B., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Castellanos-Ramos, J. Z., & Maldonado-Torres, R. (2005). Nitratos en soluciones nutritivas en el extracto celular de peciolo de chile. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 469-476.
3. Etchevers, B. J. D. (1997). Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos ferti-irrigados. Memorias. 2º *Simposium Internacional de Fertirrigación*. Querétaro, Querétaro, México. pp. 51-60.
4. Hartz, T. K., LeStrange, M., & May, D. M. (1993). Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *Hortscience*, 28(11), 1097-1099. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.11.1097>
5. Hunt, R. (2017). Growth analysis, individual plants. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 421-429. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00226-4>
6. Johnson, C. D., & Decoteau, D. R. (1996). Nitrogen and potassium affects jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency. *Hortscience*, 31(7), 1119-1123. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.7.1119>
7. Locascio, J., Hochmuth, G. J., Rhoads, F. M., Olson, S. M., Smajstrla, A. G., & Hanlon, E. A. (1997). Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. *Hortscience*, 32(2), 230-235. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.2.230>
8. Llanderal, A., García-Caparrós, P., Segura, M. L., Contreras, J. I., & Lao, M. T. (2019). Nutritional changes in petiole sap over space and time in a tomato crop greenhouse. *Journal of Plant Nutrition*, 42(10), 1205-1217. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1609504>
9. Matthäus, D., & Gysi, C. (2001). Plant-Sap analysis in vegetables – a tool decides on nitrogen top dressing. *Acta Horticulturae*, 563, 93-102. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.563.11>

10. Thompson, T. L., Doerge, T. A., & Godin, R. E. (1997). A petiole sap nitrate test for broccoli, *Journal of Plant Nutrition*, 20(6), 669-682. <https://doi.org/10.1080/01904169709365285>
11. Tun, D. C. (2001). *Características y Tecnología de Producción del chile habanero*. Sagarpa. INIFAP-Produce. Mérida Yucatán, México. 74 p.
12. Westerveld, S. M., McKeown, A. W., Scott-Dupree, C. D., & McDonald, M. R. (2004). Assessment of chlorophyll and nitrate meters as field-tissue nitrogen tests for cabbage, onions, and carrots. *HortTechnology*, 14,179-188. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0179>
13. Westerveld, S. M., McKeown, A. W., McDonald, M., & Scott-Dupree, C. D. (2004). Assessment of Chlorophyll and Nitrate Meters as Field Tissue Nitrogen Tests for Cabbage, Onions, and Carrots. *HortTechnology*, 14(2), 179-188. <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/14/2/article-p179.xml> <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.14.2.0179>

NITRATOS Y POTASIO EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLO DE PLÁNTULAS DE CHILE HABANERO (*CAPSICUM CHINENSE* JACQ.)

Resumen

Bajo condiciones de riego por goteo y a cielo abierto, se estudió la respuesta del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq. “Naranja”) a la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno. Los tratamientos evaluados fueron 35, 70, 105 y 140 kg ha⁻¹, y se aplicaron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El rendimiento del cultivo se evaluó después de los 120 días de trasplante (ddt). Durante tres cortes se obtuvo el rendimiento total y comercial. La calidad de la fruta se midió como chica, mediana, grande y fruta con defectos. Adicionalmente, durante tres ocasiones se midió la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo. En las tres cosechas, los resultados mostraron una respuesta lineal del rendimiento a las dosis evaluadas. El máximo rendimiento (3.0 ton ha⁻¹) se alcanzó con 140 kg de N ha⁻¹. Por otro lado, La calidad de la fruta no se afectó por las dosis de nitrógeno aplicado indicando que es un factor independiente de la nutrición con nitrógeno. Se identificó una respuesta lineal positiva entre las concentraciones de nitratos en el extracto celular de peciolo y el rendimiento de las tres cosechas [(R² = 0.66 - 0.86); (P < 0.05)]. Más estudios son necesarios en los que se evalúen dosis mayores a los 140 kg de N ha⁻¹, a fin de encontrar una respuesta cuadrática en el rendimiento. También, es posible utilizar el análisis de nitratos en el extracto celular de peciolo para monitorear la nutrición del cultivo de chile habanero.

Palabras clave: análisis rápido, capsicum chinense, chiles picosos, nutrición mineral.

Abstract

Under open field conditions and trough drip irrigation, the response of habanero chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq. "Naranja") at four doses of nitrogen fertigation was evaluated. The treatments compared (35, 70, 105 y 140 kg ha⁻¹) were applied under a random design with four replicates. Total and marketable yield were obtained at 120 days after transplant and during three harvests (early, intermediate and later). Quality of the fruit was measured by size as small and medium and fruit with form defects not marketable considered as culls. Additionally, the content of nitrates in cellular extract of petioles was quantified during the growth and development of the crop. Results shown a linear response with yields and the three harvest with the treatments applied, reaching maximum yield (3.0 ton ha⁻¹) at 140 kg de N ha⁻¹. On the other hand, the quality was not affected by any treatment applied, indicating as not dependent factor within the nitrogen fertigation management. A lineal positively correlation was founded between the nitrate in cellular extract and yield during three times tested [(R² = 0.66 - 0.86); (P < 0.05)]. In conclusion is possible to get major yields with-out affecting the quality by the application of greatest nitrogen doses. It is possible the use of nitrates test in extract cellular of petiole as a method in nutritional diagnostic in habanero chili pepper.

Key words: capsicum chinense, mineral nutrition, nitrogen, quick test.

1. Introducción

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es uno de los cultivos más importantes en México debido a su demanda en el mercado internacional. El habanero es cultivado en regiones tropicales del sur de México, aunque la superficie actual del cultivo se ha extendido a pesar de la diversidad de climas (Conaproch, 2007). La adaptación de este cultivo a condiciones adversas se ha visto favorecida por la implementación de prácticas de manejo de fertirrigación a través de los sistemas de riego presurizado. En este sentido la optimización en la utilización de nutrientes resulta de gran importancia ya que es posible alcanzar altos rendimientos por unidad de fertilizante aplicado (Papadopoulus et al., 1998).

Para realizar un plan de fertilización en cualquier cultivo es necesario conocer el aporte nutrimental del suelo al ser cultivado, la demanda de nutrientes del cultivo de acuerdo a sus etapas fenológicas y el ajuste de las dosis aplicadas mediante el análisis de tejido vegetal (Castellanos, 1997). Las cantidades de nutrimentos aportados por el suelo se identifican antes del establecimiento del cultivo realizando un análisis de fertilidad; la demanda nutrimental se obtiene previamente obteniendo el peso seco de plantas completas y determinándoles su concentración de elemento, el producto de ambos se le denomina como demanda del cultivo.

Respecto al monitoreo del estatus nutrimental de los cultivos, es una técnica que ha sido probada desde hace tiempo (Dow & Roberts, 1982). Regularmente se muestrea la hoja más recientemente madura, se somete a secado y se le realizan análisis de nutrientes (Campbell, 2000). El procedimiento funciona, aunque se consume tiempo en el envío de la muestra al laboratorio y posterior análisis (Alcantar & Sandoval, 1999). Sin embargo, una técnica rápida de análisis del extracto celular en peciolo ha sido recientemente introducida en diferentes cultivos para monitorear la nutrición mineral obteniendo resultados favorables (Badillo-Tovar et al., 2001; Castellanos et al., 2001a y 2001b).

Al igual que el análisis de tejido seco, esta técnica se basa en la relación existente entre la concentración de cierto elemento con el rendimiento del cultivo. El análisis de extracto celular se realiza en campo con equipo portátil y de fácil uso así mismo, las decisiones de modificar el plan de fertilización se realizan al instante antes de que exista alguna reducción en el rendimiento (Hochmuth, 1994a).

Para el caso del cultivo de chile (*Capsicum spp.*), se han realizado algunos trabajos sobre identificación de la relación entre nitratos y su rendimiento (Brizuela-

Amador, 2005). De igual manera, se han determinado rangos de suficiencia en extracto celular de peciolo (Hartz, 1998; Hochmouth, 1994b). Sin embargo, debido a la gran variabilidad en los tipos de chiles, los valores identificados como rangos de suficiencia y sus relaciones difieren considerablemente (Brizuela-Amador, 2005), haciendo limitativa el uso de esta técnica. En este sentido este estudio se realizó con el objetivo de evaluar la respuesta en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la fertilización nitrogenada e identificar los contenidos de nitratos en extracto celular y su relación con el rendimiento.

2. Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en el Municipio de Caborca Sonora, México con el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) “Naranja”, utilizando riego por goteo. Las características del suelo donde se estableció el experimento y del agua utilizada, se presentan en el Tabla 4. Los tratamientos aplicados consistieron en cuatro dosis de nitrógeno (35, 70, 105 y 140 kg ha⁻¹) aplicados en forma fraccionada durante el ciclo de crecimiento del cultivo y empleando urea como fuente de nitrógeno. Adicionalmente, se aplicó una dosis de 80 y 150 kg ha⁻¹ de fósforo y potasio respectivamente, justo antes del trasplante, utilizando fosfato diamónico y sulfato de potasio.

Tabla 4. Características físicas y químicas del suelo experimental

Características físicas	
Textura: Areno franco	Punto de saturación: 24%
Arena: 80%	Capacidad de campo: 12.6 %
Arcilla: 8%	Punto de marchitamiento permanente: 7.47 %
Limo: 12%	Conductividad hidráulica: 1.31 cm/hr
Características químicas	
pH (1:2 agua) 8.32	Materia orgánica: 0.47 %
Carbonatos totales: 0.97%	Nitrógeno inorgánico: 26.1 mg kg ⁻¹
Conductividad eléctrica: 0.21 dS/m	Fósforo-Bray: 29.2 mg kg ⁻¹
Capacidad de intercambio catiónico 8.73 meq/100g	Potasio: 258 mg kg ⁻¹

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los bloques consistieron en grupos de tres surcos de 10 m de longitud, utilizando el surco central como parcela útil. La densidad de población fue de 1.83 plantas m². El sistema de riego consistió de una bomba de 1.0 HP conectada a una fuente de

agua de una pileta y a su vez a sistemas independientes de riego según los cuatro tratamientos. Al momento de hacer la aplicación de cada tratamiento la inyección de fertilizante se realizó por separado procurando mantener una presión de agua en la cintilla de 10 PSI. El manejo de los riegos se utilizó con tensiómetros colocados a 30 cm de profundidad, aplicándose riegos a lecturas de 15 - 20 kPa de tensión de humedad.

2.1. Nitratos en extracto celular de peciolo

En las fases de desarrollo: vegetativa (60 días después del trasplante: ddt), inicio de floración (88 ddt) y precosecha (123 ddt), se realizaron muestreos de la hoja más recientemente madura (cuarta o quinta hoja desarrollada a partir del ápice). En cada hoja se extrajo el peciolo conservándolo en frascos esterilizados y etiquetados (fecha, parcela, tratamiento), los cuales se mantuvieron en congelación para posterior análisis (Hochmuth, 1994a).

Los muestreos se realizaron en horario de 8:00 a 10:00a.m., con el fin de evitar variaciones en el contenido de nitratos a lo largo del día, según la recomendación de Hochmout (1994b). Al final del experimento, las muestras se descongelaron a temperatura ambiental (20 - 25 °C) y mediante prensa manual de ajos, se les extrajo el extracto celular para posteriormente analizarlo utilizando un medidor portátil de iones (Cardy Nitrate Meter-HORIBA, Inc[®]).

2.2. Rendimiento y calidad del fruto

El rendimiento se determinó en frutos cosechados fisiológicamente maduros con 3/4 de coloración naranja (50 días después de floración). Se realizaron tres cosechas (cortes). La calidad de los frutos se determinó, al clasificar los frutos cosechados por su tamaño en chicos, grandes y rezaga de acuerdo a las especificaciones indicadas en el Tabla 5.

Tabla 5. Designación de la calidad del chile habanero

Clasificación	Largo (cm)	Diámetro (cm)
Chico	2.0-2.5	1.3-2.0
Grande	≥ 2.6	≥ 2.2
Rezaga	NA*	NA

*No aplica el tamaño y diámetro de fruto. Se consideran frutas con defectos entomológicos, quemado de sol, etc.

2.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos, consistió en comparación de medias de cada repetición. Además, se realizó análisis de regresión, empleándose el programa MINITAB. Las diferencias entre los tratamientos con valor de $P \leq 0.05$, se consideraron significativas.

3. Resultados

3.1. Nitratos en extracto celular de peciolo y dosis aplicadas

Las Figuras 11, 12 y 13, muestran la respuesta del cultivo en el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo a la aplicación de nitrógeno a los 60, 88 y 123 ddt. Durante las tres fechas evaluadas, los nitratos se acumularon en forma lineal a las dosis de nitrógeno aplicada ($P < 0.05$).

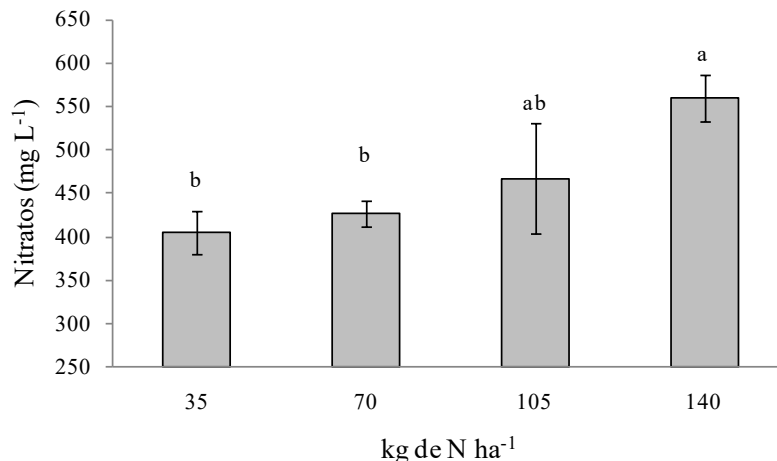


Figura 11. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo a los 60 ddt en el cultivo de chile habanero. Cada barra representa el promedio de 4 repeticiones \pm error estándar. Columnas con diferente letra denotan diferencia ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey

Esto significa que al incrementar la aplicación de nitrógeno, el cultivo responde acumulando nitratos en el extracto celular. Sin embargo, es evidente que la respuesta de acumulación de nitratos en el extracto celular es menor al ser evaluada a un mayor tiempo de días transcurridos del trasplante, lo cual podría

estar relacionado a las variaciones de demanda de nutrientes durante las fases fenológicas del cultivo.

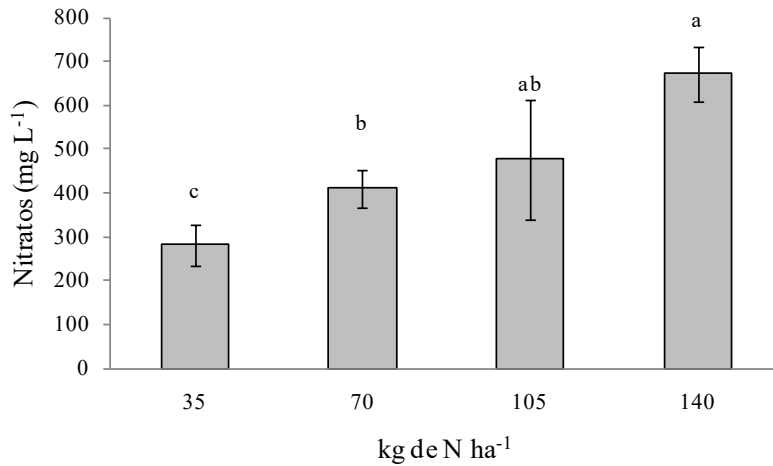


Figura 12. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 88 ddt en el cultivo de chile habanero. Cada barra representa el promedio de 4 repeticiones \pm error estándar. Columnas con diferente letra denotan diferencia ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey

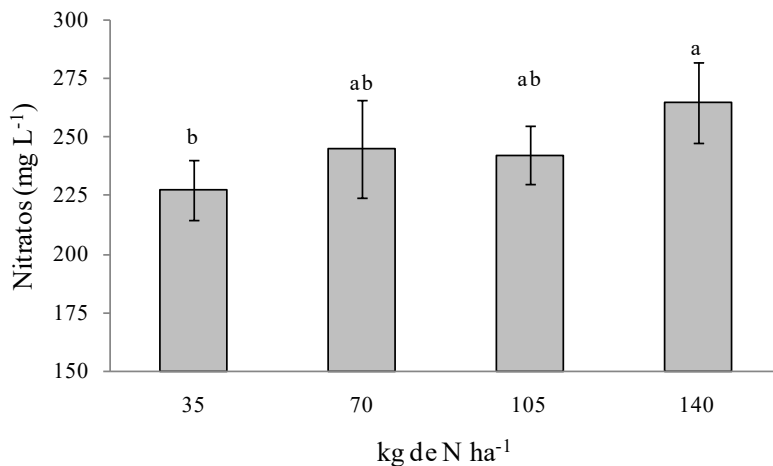


Figura 13. Efecto de la fertilización con nitrógeno en el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en el cultivo de chile habanero. Cada barra representa el promedio de 4 repeticiones \pm error estándar. Columnas con diferente letra denotan diferencia ($P < 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey

3.2. Nitratos en extracto celular de peciolo y rendimiento

Las Figuras 14, 15 y 16, muestran la relación entre las concentraciones de nitratos del extracto celular y los rendimientos expresados en forma relativa. Se identificó una relación positiva lineal entre ambos parámetros ($P < 0.05$) y se alcanzaron coeficientes de R^2 entre 0.83 a los 60, 0.86 a los 88 y 0.66 al llegar los 123 ddt.

Las concentraciones de nitratos identificadas variaron entre los 375-620 a los 60, 350-700 a los 88 y 210-270 mg L^{-1} a los 123 ddt. Fue imposible identificar rangos de suficiencia para nitratos en el extracto celular de peciolo debido a que

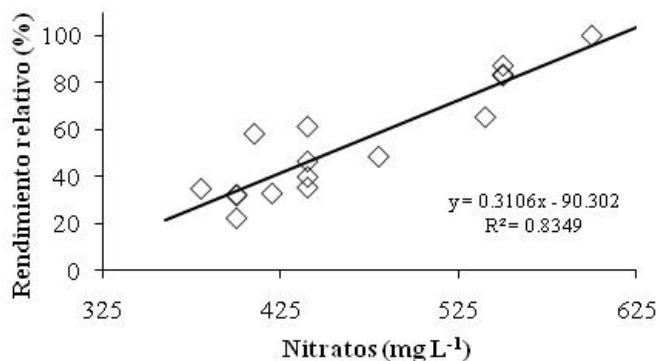


Figura 14. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo a los 60 ddt en el cultivo de chile habanero

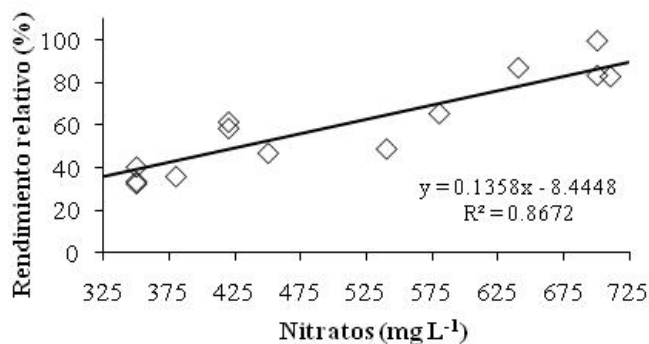


Figura 15. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de peciolo a los 88 ddt en el cultivo de chile habanero

las concentraciones nunca decayeron en acuerdo a los rendimientos encontrados, por lo tanto, es posible inferir que las concentraciones encontradas no alcanzan el nivel de “consumo de lujo”, tal como lo sugiere la metodología propuesta por Dow y Roberts (1982).

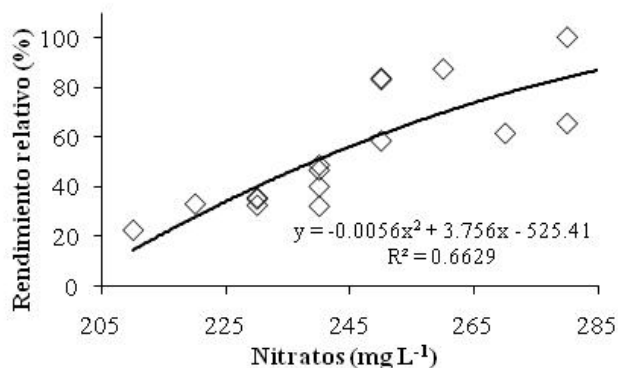


Figura 16. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de nitratos en extracto celular de pecíolo a los 123 ddt en el cultivo de chile habanero

3.3. Rendimiento

El Cuadro 6 muestra el efecto de la fertilización con nitrógeno sobre los rendimientos obtenidos en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) durante los tres cortes realizados. En ambas determinaciones de rendimientos (total y comercial), el cultivo respondió de forma lineal a los tratamientos aplicados ($P < 0.01$). El mayor de los rendimientos se obtuvo al aplicar la dosis de 140 kg de N ha⁻¹. Se aprecia también que durante el primer corte se cosecha la menor cantidad de fruta con respecto a los dos cortes restantes.

Tabla 6. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) durante tres cortes

	Rendimiento total (kg ha ⁻¹)				Rendimiento comercial (kg ha ⁻¹)			
	1er corte	2º corte	3er corte	total	1er corte	2º corte	3er corte	total
35	151.0	600.7	540.4	1291.7	144.1	557.3	442.7	1144.1
70	325.6	847.8	803.8	1976.2	314.2	798.6	657.9	1770.7
105	497.8	746.5	772.5	2016.8	474.1	697.4	691.0	1862.4
140	825.9	1203.6	1255.7	3285.2	802.1	1075.9	1067.7	2945.7
Significancia	L**	L*	L*	L**	L**	L**	L**	L**

L*, **: lineal (0.05), (0.01)

El obtener una respuesta lineal a la aplicación de los tratamientos sugiere la necesidad de incrementar las dosis de fertilización nitrogenada hasta encontrar una respuesta cuadrática y obtener una dosis optima. Por otro lado, el cuadro 4 muestra el efecto de la fertilización con nitrógeno sobre la calidad expresada en tamaños y el componente rezaga, así como su distribución porcentual. Para el caso de los tamaños (chico y grande) y el componente rezaga la aplicación de los tratamientos resultó ser en forma lineal positiva ($P < 0.05$).

Sin embargo, al analizarlos en forma porcentual, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en ningún de estas variables de calidad, significando que estos parámetros son independientes de la aplicación de las dosis evaluadas. Se aprecia también que los tamaños evaluados como calidad comercial representaron alrededor del 90% de la cosecha total y tan solo un 10% estuvo conformado por la rezaga. Así mismo, los tamaños chico y grande fluctuaron entre el 20 y el 70 % respectivamente, del total de la cosecha.

4. Discusión

Uno de los nutrientes que mayormente afecta el rendimiento de los cultivos es el nitrógeno (Mengel & Kirby, 2001) sin embargo es necesario hacer un manejo racional de la fertilización a fin de maximizar los rendimientos de los cultivos y no producir efectos adversos al ambiente. En el cultivo de chile, estudios previos realizados por Bórguez et al. (2009) encontraron que dosis de fertilización con nitrógeno mayores a los 115 kg ha^{-1} aplicados al cultivo de chile habanero, no incrementaban los rendimientos ni aumentaban la recuperación del fertilizante por parte de las plantas.

Los resultados encontrados en el presente experimento contrastan con los estos autores y sugieren la necesidad de incrementar las dosis a aplicar para aumentar rendimientos. Los valores de cosecha obtenidos en el presente estudio (rendimiento total: $3,285$ y comercial: $2,945 \text{ kg ha}^{-1}$) resultaron ser muy inferiores a los de otras investigaciones; por ejemplo, Ramírez-Luna et al. (2005) mencionan que en el estado de Campeche los rendimientos fluctúan entre los $23,000$ y los $45,000 \text{ kg ha}^{-1}$. Es posible inferir que tales rendimientos obedecen a las condiciones tropicales a las cuales se encuentra habituado este tipo de cultivo.

El contar con índices de referencia para cultivos desarrollados bajo condiciones específicas de cada clima y suelo resultan ser una herramienta valiosa para

monitorear la nutrición de los mismos (Etchevers, 1999). Las concentraciones de nitratos encontradas en el extracto celular de peciolo en chile habanero en las tres fechas evaluadas ($\approx 210-725 \text{ mg L}^{-1}$) resultaron ser muy inferiores a las encontradas por otros autores para otro tipo de chiles. Por ejemplo, Hartz et al. (1993) identificaron valores mayores a los 5000 mg L^{-1} de nitratos en extracto celular de peciolo en chile pimiento bell cultivado en el estado de California USA, de ahí la importancia de generar investigación para cada cultivo y condiciones edafoclimáticas en particular.

A la fecha no existe información referente al tópico de monitoreo nutrimental en el cultivo chile habanero a través del análisis del extracto celular de peciolo, solo existen reportes que mencionan la relación entre nitratos en el extracto celular de peciolo y nitrógeno total en peciolo seco. Por ejemplo, un estudio reciente referente nutrición realizado Noh-Medina et al. (2010) reportan haber encontrado una relación lineal negativa ($r = -0.92$) entre el contenido de nitratos en peciolo y la concentración de nitrógeno en tejido de la planta completa, sin embargo, no mencionan que las concentraciones de nitratos en el extracto celular tengan relación con el rendimiento del cultivo, siendo un punto importante a considerar la utilización de este tipo de técnicas.

5. Conclusiones

Bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, el rendimiento de fruto del chile habanero se correlaciono positivamente con las dosis de nitrógeno aplicadas, mientras que los parámetros de calidad evaluados (tamaños y porcentaje de cosecha) no mostraron relación con las dosis de nitrógeno. Se sugiere en investigaciones posteriores, incrementar las dosis de fertilizante nitrogenado hasta encontrar un descenso en la respuesta al rendimiento y a los contenidos de nitratos en el extracto celular de peciolo.

Referencias

1. Alcantar, G. G., & Sandoval, V. M. (1999). *Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal*. Publicación Especial Núm. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo Edo de México, México. 156 p.
2. Badillo-Tovar, V., Castellanos, J. Z., Sanchez-García, P., Galvis-Spinola, A., Álvarez-Sánchez, E., Uvalle-Bueno, J. X., González-Eguiarte, D., & Enriquez-Reyes, S. A. (2001). Niveles de referencia de nitrógeno en tejido vegetal de papa var. Alpha. *Agrociencia*, 35, 615-623.
3. Bórguez-Gómez, L., Morales, S., & Soberanis-Soberanis, S. C. (2009). Eficiencia de la fertilización nitrogenada en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Sexta Convención Mundial del Chile*. Mérida Yucatán, México. 233-237.
4. Brizuela-Amador, B., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., Castellanos-Ramos J. Z., & Maldonado-Torres, R. (2005). Nitratos en soluciones nutritivas en el extracto celular de pecíolo de chile. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 469-476.
5. Campbell, C. R. (2000). Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. *Southern Cooperative Series Bulletin*, No 394. <http://www.ncagr.gov/agronomi/saesd/scsb394.pdf> Consultado el 30 de junio de 2011
6. Castellanos, J. Z. (1997). Las curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación. *Memorias 2º Simposium Internacional de Ferti-irrigacion*. Querétaro, Querétaro, México. pp. 73-82.
7. Castellanos, J. Z., Ojodeagua, J. L., Méndez, F., Villalobos-Reyes, S., Badillo, V., Vargas, P., & Lazcano-Ferrat, I. (2001b). *Phosphorus Requirement Under Garlic Fertigation*. *Better Crops International*, 15, 21-23.
8. Castellanos, J.Z., Villalobos, S., Delgado, J.A., Muñoz-Ramos, J., Sosa, A., Vargas, P., Lazcano, I., Álvarez-Sánchez, E., & Enríquez, S. A. (2001a). Use of Best Management Practices to increase Nitrogen Use Efficiency and Protect environmental Quality in a Brocoli-Corn Rotation of Central México. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1265-1292. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104112>

9. CONAPROCH (2009). <http://www.conaproch.org/cp.htm> Consultado el 29 de junio de 2009.
10. Dow, A. I., Roberts, S. (1982). Proposal: critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy Journal*, 174, 401-403. <https://doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400020033x>
11. Etchevers, B. J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra*, 17, 209-219.
12. Hartz, T. K., LeStrange, M.; & May, D.M. (1993). Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *Hortscience*, 28, 1097-1099. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.11.1097>
13. Hochmuth, G. J. (1994a). Plant petiole sap-testing guide for vegetable crops. Florida Cooperative Extension Service. Special Series. *Circular*, 1144, 21.
14. Hochmuth, G. J. (1994b). Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology*, 4(3), 218-222. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.4.3.218>
15. Mengel, K., & Kirkby, E. (2001). *Principles of Plant Nutrition*. Ed. International Potash Institute, pp. 687. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-1009-2>
16. Noh-Medina, J., Borges-Gómez, L., & Soria-Fregoso, M. (2010). Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 219-228.
17. Papadopoulos A. P. (1998). Seasonal fertigation Schedule for greenhouse tomatoes-concepts and delivery systems. *Acta Horticulturae*, 458, 123-140. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.458.14>
18. Ramírez-Luna, E.; Castillo-Aguilar, C. de la C., Aceves-Navarro, E., & Carrillo-Avila, E. (2005). Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile habanero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), 93-98. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2003.12.080>

El monitoreo nutrimental en cultivos hortícolas representa una herramienta que ayuda a modificar y ajustar las dosis de fertilización originalmente proyectadas. En esta investigación a través de dos experimentos, se identificó la respuesta del cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a la aplicación de nitrógeno y su concentración de nitratos en el extracto celular asociada al crecimiento y rendimiento.

El primer estudio se realizó bajo condiciones de invernadero y en plántulas. Se estudiaron tres dosis de nitrógeno aplicadas en solución nutritiva y dos dosis de potasio. Se midió el crecimiento y rendimiento del cultivo, así como la concentración de nitratos y potasio en el extracto celular.

En el segundo experimento, se estudiaron cuatro dosis de nitrógeno y se midió el rendimiento y la calidad del cultivo manejado en condiciones de campo. Así mismo durante el crecimiento del cultivo se midió la concentración de nitratos en el extracto celular. Los métodos y los materiales utilizados, así como los resultados y conclusiones de cada experimento se presentan por separado.

De forma general se concluyó que tanto en condiciones de invernadero como en campo a cielo abierto, el monitoreo de los nitratos en el extracto celular en chile habanero es una herramienta que se puede utilizar para hacer ajustes en la fertilización del cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento.

Fidel Núñez-Ramírez

Luis Antonio González-Anguiano

Juan Carlos Vázquez-Angulo

Blancka Yesenia Samaniego-Gómez

Aurelia Mendoza-Gómez

Ariana Isabel Torres-Bojórquez

Isabel Escobosa-García

Isidro Bazante-González

Víctor Alberto Cárdenas-Salazar



OmniaScience

ISBN 978-84-122028-6-1



9 788412 202861 >