

Efecto de diferentes dosis de N, P y K sobre el contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae)

Effect of different doses of N, P and K on the content of total soluble proteins in cape gooseberry leaves *Physalis peruviana* L. (Solanaceae)

Cynthia Catheryne Ramos Otiniano

Programa de Estudio de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
cynthiaramosotiniano@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1739-634X>

José Ernesto Manuel Hidalgo Rodríguez

Programa de Estudio de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
jemhidalgor@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6595-0037>

Pedro Bernardo Lezama Asencio

Departamento de Ciencias, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, PERÚ
plezamaa@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8594-0346>

Mercedes Elizabeth Chaman Medina

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, PERÚ
elizchm@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0001-8621-375X>

Resumen

El “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. es una solanácea de importancia socioeconómica debido al alto valor nutricional de sus frutos. El uso de un buen esquema de fertilización NPK, permite lograr incrementos en el contenido de nutrientes como proteínas. Los objetivos de este trabajo fueron determinar el efecto de diferentes dosis 160-50-160; 225-70-275; 300-100-450 de NPK respectivamente sobre el contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto”. La evaluación del nivel de proteínas solubles totales se realizó mediante el método de Bradford. Las plantas de “aguaymanto” tratadas con NPK 300-100-450, mostraron mayor contenido de PST (31,04 ug/g muestra), encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto al control. El tratamiento NPK 225-70-275, mostró un valor de 23,08 ug/g muestra de proteínas solubles totales, mientras que el valor más bajo de proteínas se obtuvo con el tratamiento NPK 160-50-160 (9,81 ug/g muestra). Se concluye que las diferentes concentraciones de N, P y K inducen variación en el contenido de proteínas solubles totales de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae), siendo las plantas tratadas con NPK 300-100-450 las que presentaron mayor contenido proteico.

Palabras clave: “aguaymanto”, NPK, proteínas solubles totales.

Abstract

Cape “gooseberry” *Physalis peruviana* L. is a Solanaceae of great economic importance due to the high nutritional value of its fruits. It is known that the use of a good NPK fertilization scheme allows to achieve increases in the content of nutrients such as proteins. The objective of this work was to determine the effect of different doses 160-50-160; 225-70-275; 300-100-450 of NPK respectively on the content of total soluble proteins in cape goosberry leaves. Total soluble protein content was determined with the Bradford method. Cape goosberry plants treated with NPK 300-100-450 showed higher PST content (31.04 ug/g sample), with significant differences ($p < 0.05$) compared to the control. The NPK 225-70-275 treatment showed a value of 23.08 ug/g total soluble protein sample, while the lowest protein value was obtained with the NPK 160-50-160 treatment (9.81 ug/g sample). It is concluded that the different concentrations of N, P and K cause variation in the total soluble protein content of cape “gooseberry” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae), with the plants treated with NPK 300-100-450 showing the highest protein content.

Keywords: cape “gooseberry”, NPK, total soluble proteins.

Citación: Ramos, C.; J. Hidalgo; P. Lezama & M. Chaman. 2022. Efecto de diferentes dosis de N, P y K sobre el contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae). *Arnaldoa* 29 (3): 415-426 doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.293.29303>.

Introducción

El “aguaymanto” *Physalis peruviana* L., es una especie de la familia Solanaceae, originaria de Perú, cultivada entre los 1.800 y 2.800 msnm con temperaturas promedio de 13 a 18 °C y precipitaciones de 1.000 a 1.800 mm/año (Kasali *et al.*, 2021). Su cultivo presenta muy buenas perspectivas por el gran interés que prestan los mercados nacionales e internacionales, dadas las características medicinales que poseen los frutos y a su excelente contenido

nutricional (Cárdenas-Barboza *et al.*, 2021). Presenta un mayor contenido de proteínas y ácido ascórbico (1,1 g/100 g y 43,3 mg/100g respectivamente) que otras frutas estudiadas, como la papaya del monte y la tuna roja (Bazalar *et al.*, 2019; Monroy-Velandia *et al.*, 2021).

En Perú, el “aguaymanto” es cultivado por pequeños productores con bajo nivel de asistencia técnica; esto ha generado diversas prácticas basadas en la experiencia de cada agricultor, lo que a su vez implica

un alto consumo de insumos, ausencia de tecnología y elevado uso de mano de obra (Lock *et al.*, 2016). Los cultivos hortícolas requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, son factores importantes en la expresión del rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Da Silva *et al.*, 2020).

Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta (Sung *et al.*, 2015). Si la concentración de un nutriente esencial en el tejido vegetal está por debajo del nivel necesario para un óptimo crecimiento, indica que la planta es deficiente en ese nutriente, produciendo así una alteración en la ruta metabólica (De Bang *et al.*, 2021). Las degeneraciones metabólicas producidas por deficiencias de nutrientes esenciales se manifiestan eventualmente en anomalías visibles en la planta (Da Silva *et al.*, 2020; De Bang *et al.*, 2021)

El nitrógeno (N) es un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y frutos (Baslam *et al.*, 2020). El fósforo (P) interviene en la formación de los órganos reproductores, razón por la cual su contenido debe ser suficiente en los frutos. El suministro inadecuado de fosfato impide la exportación de triosas fosfatadas del cloroplasto y por ende la síntesis de sacarosa (Han *et al.*, 2022). El potasio (K) mejora la calidad y duración del cultivo y también alivia las condiciones de estrés, además activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas y es involucrado en el transporte de los fotoasimilados (Johnson *et al.*, 2022).

Debido a los pocos conocimientos sobre el esquema de fertilización mineral en “aguaymanto” y el alto número de problemas que se presentan en las plantaciones del país por este desconocimiento, los objetivos de este trabajo fueron determinar el efecto de diferentes dosis 160-50-160; 225-70-275; 300-100-450 de NPK respectivamente sobre el contenido de proteínas solubles totales en hojas de *Physalis peruviana* L. “aguaymanto” y establecer la dosis de N, P y K que induzca el mayor contenido de proteínas solubles totales cultivadas en condiciones de invernadero a los 50 días de tratamiento, debido a que el contenido de proteínas en las hojas es muy importante ya que las utilizan como forraje para ganado bovino, además de usarlas como cobertura para proteger los terrenos de la erosión (Hidalgo *et al.*, 2014; Chai *et al.*, 2021).

Materiales y métodos

Material biológico

Las plantas de “aguaymanto” (*Physalis peruviana* L.) fueron obtenidas a partir de semillas botánicas que fueron donadas por el Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Trujillo. Las semillas fueron seleccionadas de acuerdo a su tamaño y desinfectadas con hipoclorito de sodio comercial al 2% durante 10 minutos. Después de varios lavados con agua destilada, fueron colocadas en un sistema de germinación que consistió en platos de tecnopor con papel toalla absorbente, y sellados con láminas de polietileno. Las plántulas de 20 días de edad fueron trasplantadas a macetas de plástico de 400 ml de capacidad, haciendo un total de 12 recipientes con dos plántulas cada uno. Se utilizó como sustrato perlita, cada maceta fue cubierta con papel de aluminio para evitar el crecimiento de algas. Las macetas

fueron colocadas en el Invernadero del Jardín Botánico de la Universidad Nacional de Trujillo, a una temperatura promedio de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $75 \pm 2\%$.

Tratamiento de las plantas con diferentes dosis de NPK y diseño estadístico

Después del trasplante, se formaron aleatoriamente 4 grupos conformados por 6 plantas cada uno. Luego, cada grupo fue regado a cuatro dosificaciones distintas

de N (Úrea 46%), P (Ácido fosfórico 85%) y K (Cloruro de potasio 60%) con concentraciones NPK de 160-50-160; 225-70-275; 300-100-450 respectivamente; y otro grupo regado solamente por la solución nutritiva La Molina. El diseño consistió en bloques completamente al azar con 3 repeticiones, mientras que cada unidad experimental estuvo conformada por una maceta con dos plantas de *P. peruviana*. Las plantas sometidas a las diferentes dosis de N, P, K fueron regadas dos veces a la semana a capacidad de campo (Tabla 1).

Tabla 1: Diseño de los tratamientos con diferentes dosis de NPK

| Tratamiento Repetición | Tratamiento 1 Sol. Nutritiva La Molina 190-35-210 | Tratamiento 2 NPK 160-50-160 | Tratamiento 3 NPK 225-70-275 | Tratamiento 4 NPK 300-100-450 |
|---------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 plantas | 2 plantas | 2 plantas | 2 plantas |
| 2 | 2 plantas | 2 plantas | 2 plantas | 2 plantas |
| 3 | 2 plantas | 2 plantas | 2 plantas | 2 plantas |

Obtención de proteínas solubles totales

Luego de 50 días de aplicados los tratamientos, se pesó 1 g de tejido fresco de las primeras 2 hojas verdaderas (basales) de "aguaymanto" (Fig. 1). Luego; por separado, los tejidos se trituraron con nitrógeno líquido en un mortero de porcelana, utilizando como buffer de extracción fosfato de sodio 50 mM y pH 7. El homogenizado obtenido se centrifugó a 10 000 g durante 10 minutos a 4°C ; enseguida el sobrenadante se utilizó para la cuantificación de proteínas solubles totales.

Cuantificación de las proteínas

La cuantificación de proteínas solubles totales (PST) se realizó siguiendo el método de Bradford (Kielkopf *et al.*, 2020), para lo

cual, se tomó 10 μl del extracto y se llevó el volumen final a 1 ml con el reactivo de Bradford, luego se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Hewlett Packard 8452 a una longitud de onda de 595 nm. Para determinar la cantidad de proteínas se utilizó como estándar de la curva de calibración BSA.

Análisis estadístico

Una vez obtenidos los resultados, fueron ordenados en tablas y gráficos y se analizaron estadísticamente utilizando el paquete estadístico Minitab® 19.1. Se realizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos, tras lo cual, se efectuó la prueba de comparación

múltiple Tukey HSD para evaluar el grado de diferencias entre cada uno de los tratamientos.

Resultados

Las plantas de *P. peruviana* fueron mantenidas durante 50 días en condiciones

de invernadero donde fueron tratadas con las diferentes soluciones NPK (Fig. 1). Llegado el momento de la cosecha, el contenido de proteínas solubles totales en hojas fue evaluado mediante el método de Bradford en las plantas de “aguaymanto” (*Physalis peruviana* L.).



Fig. 1: “Aguyamanto” *P. peruviana* L. (Solanaceae) a los 50 días de tratamiento con diferentes dosis de NPK listas para cuantificar proteínas solubles totales.

Los resultados de la evaluación son mostrados en la Tabla 2. Donde se observaron valores diferentes según los tratamientos aplicados a cada grupo de plantas. Es así que se observó que el contenido de proteínas solubles totales fue mayor (31,04 ug/g) al emplear la dosis dada por el tratamiento 300-100-450 de NPK. Por el contrario, las plantas tratadas con dosis dada por la solución nutritiva La Molina 190-35-210 de NPK mostró menor contenido de proteínas solubles totales con solo 9,29 ug/g. Los tratamientos 160-50-160 y 225-70-275 de NPK indujeron valores intermedios de 9,80 ug/g y 23,08 ug/g de proteínas, respectivamente.

Tabla 2: Contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) tratadas con diferentes dosis T1: 190-35-210, T2: 160-50-160, T3: 225-70-275, T4: 300-100-450 de NPK respectivamente, después de 50 días de tratamiento.

| Tratamientos NPK | PST (ug/g muestra) | DE | EE |
|------------------|--------------------|------|--------|
| T1: 190-35-210 | 9,29 | 1,13 | 0,6551 |
| T2: 160-50-160 | 9,80 | 3,37 | 1,9464 |
| T3: 225-70-275 | 23,08 | 4,86 | 2,8055 |
| T4: 300-100-450 | 31,04 | 3,40 | 1,9603 |

Tal como se aprecia, estos resultados mostraron un incremento del contenido de PST por efecto de las dosis crecientes de NPK a nivel foliar. De manera que, al realizar la evaluación estadística, la

prueba ANOVA mostró la presencia de diferencias significativas entre tratamientos al ser evaluada con una significancia $p < 0,05$ (Tabla 3).

Tabla 3: ANOVA para contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) tratadas con diferentes dosis T1: 190-35-210, T2: 160-50-160, T3: 225-70-275, T4: 300-100-450 de NPK respectivamente, después de 50 días de tratamiento.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tratamiento | 3 | 1015,40 | 338,47 | 28,33 | 0,000 |
| Error | 8 | 95,59 | 11,95 | | |
| Total | 11 | 1110,99 | | | |

De acuerdo con la Prueba de contraste Múltiple de Tukey, los tratamientos indujeron diferencias significativas en el contenido de PST (Tabla 4). De esta manera, al comparar los tratamientos T4: 300-100-450 y T3: 225-70-275, se encontró que la diferencia de las medias fue de -7,96; con un valor p ajustado de 0,086; lo cual indica la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos respectivos. Por el contrario, cuando se comparó el tratamiento T4: 300-100-450 con los tratamientos T1: 190-35-210 y T2: 160-50-160, se encontró una diferencia de medias mucho mayor de -21,24 y -21,75, respectivamente, lo cual arrojó una significancia de 0,00 y 0,00, lo cual indica la

presencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Cuando el tratamiento T3: 225-70-275 fue comparado con los tratamientos T1: 190-35-210 y T2: 160-50-160, se encontró una diferencia de medias de -13,27 y -13,79; con valores estadísticos de significancia de 0,007 y 0,005, respectivamente. Estos resultados indican diferencias significativas entre estos grupos. Por último, la comparación entre los tratamientos T1: 190-35-210 y T2: 160-50-160, mostró una diferencia de medias de -0,51; con un valor de significancia de 0,998; lo cual es un indicador de ausencia de diferencias estadísticas.

Tabla 4: Prueba Tukey para contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) tratadas con diferentes dosis T1: 190-35-210, T2: 160-50-160, T3: 225-70-275, T4: 300-100-450 de NPK respectivamente, después de 50 días de tratamiento.

| Diferencia de niveles | Diferencia de las medias | EE de diferencia | IC de 95% | Valor T | Valor p ajustado |
|-----------------------|--------------------------|------------------|------------------|---------|------------------|
| 2 - 1 | -7,96 | 2,82 | (-17,00; 1,08) | -2,82 | 0,086 |
| 3 - 1 | -21,24 | 2,82 | (-30,28; -12,19) | -7,52 | 0,000 |
| 4 - 1 | -21,75 | 2,82 | (-30,79; -12,71) | -7,71 | 0,000 |
| 3 - 2 | -13,27 | 2,82 | (-22,31; -4,23) | -4,70 | 0,007 |
| 4 - 2 | -13,79 | 2,82 | (-22,83; -4,75) | -4,88 | 0,005 |
| 4 - 3 | -0,51 | 2,82 | (-9,55; 8,53) | -0,18 | 0,998 |

Nivel de confianza individual = 98,74%

De esta manera, se puede determinar que el contenido foliar de PST en plantas de *P. peruviana* mostró diferencias significativas cuando las plantas fueron tratadas con las dosis de NPK 160-50-160; 190-35-210; 225-70-275 y 300-100-450 (Tabla 4; Fig. 2). El ANOVA y posterior prueba HSD de

Tukey ($p < 0,05$), mostraron la presencia de dos grupos, el primero dado por T1 y T2, con valores estadísticamente similares. En tanto que el segundo grupo, mostró valores superiores a este grupo, pero similares entre sí, tal como se puede apreciar en la Fig. 2.

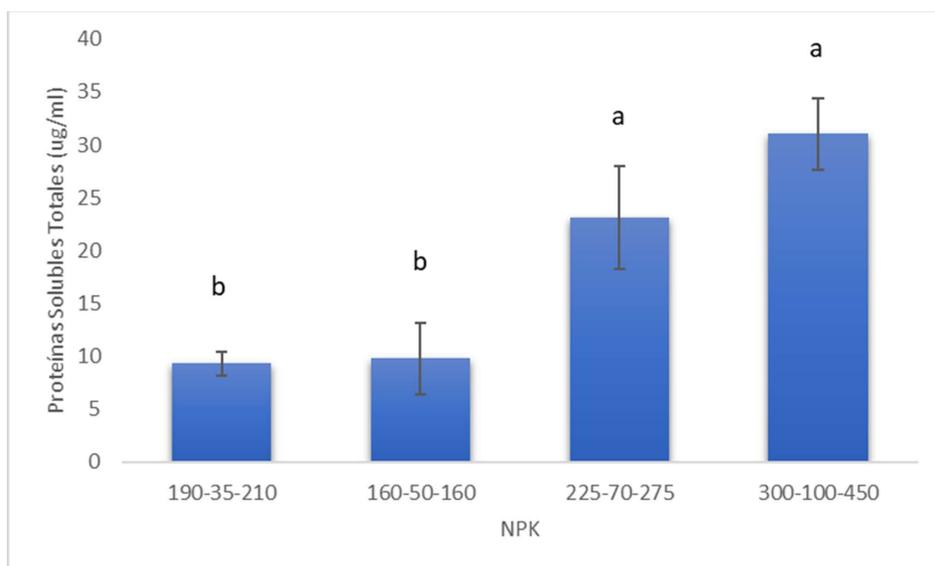


Fig. 2: Contenido promedio de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) tratadas con diferentes dosis T1: 190-35-210, T2: 160-50-160, T3: 225-70-275, T4: 300-100-450 de NPK respectivamente, después de 50 días de tratamiento. Las barras azules muestran los promedios por tratamientos, las líneas bordeadas en cada barra indican el error estándar.

Discusión

Los cultivos hortícolas requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, son factores importantes en la expresión del metabolismo y el crecimiento de una planta (Glanz-Idan & Wolf, 2020). Al estudiar el efecto de diferentes dosis de N, P y K; el contenido de proteínas solubles totales en hojas de *Physalis peruviana* L. “aguaymanto” aumento por el efecto de las diferentes dosis de N, P y K.

Experimentalmente, la dosis 300-100-450 es la que produjo el mayor contenido de proteínas solubles totales con 31.04 ug/g, seguida por 225-70-275 NPK con 23.08 ug/g y 160-50-160 NPK con 9.81 ug/g respecto al control (9.29 ug/g). Esto concuerda con lo encontrado por Zhang *et al.*, (2021) al estudiar la variación en el contenido de proteínas con diferentes concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Proaño & Mendoza (2013), evaluaron 4 niveles de NPK en uchuva a través de fertirriego: (T1)300-100-450, (T2)225-70-275, (T3)200-50-150 y (T4)100-50-50, los cuales arrojaron un aumento en el contenido de proteínas de 1,9 g/100 g conforme aumentaba la concentración de nitrógeno, además de un rápido crecimiento vegetativo, aumentando el rendimiento en un 82.2%. Asimismo, Navarro *et al.* (1992), evaluaron el efecto de la dosis de nitrógeno y la edad en el rendimiento y valor nutricional de *Digitaria swazilandensis*, demostrando que a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno aumenta el contenido de proteína cruda, correspondiendo el menor valor (1,06%) al tratamiento donde no se aplicó nitrógeno y el más alto (13,50%) a la dosis de 172,5 kg de N/ha.

Del mismo modo, Carrillo (2022), evaluó el efecto de la aplicación de diferentes cantidades de fertilizantes en el rendimiento de “durazno”, obteniendo valores altos en el número de frutos, peso, diámetro y rendimiento de las platas sometidas a los valores más altos de NPK. De igual forma, Trejo *et al.* (2005) al evaluar la fertilización foliar con urea en la partición de nitrógeno en espinaca, encontró que las concentraciones de proteínas solubles totales en las hojas se incrementaron cuando se aplicó al follaje urea a 2%, se incrementó la cantidad de proteína en aproximadamente 55, 60 y 84% en los tratamientos 0-2, 50-2 y 100-2, respectivamente, en comparación con el testigo absoluto (0-0). Las altas concentraciones de proteína en las hojas fertilizadas vía foliar respecto a las no fertilizadas representan una evidencia de un abasto suficiente de nitrógeno a la planta. Asimismo, Ramos *et al.* (2021), encontraron un aumento significativo en el contenido de proteínas solubles totales al ser tratadas con *Rhizophagus irregularis*.

La deficiencia de N produce una disminución en proteínas en los cloroplastos y, por lo tanto, una degradación de su estructura afecta su capacidad fotosintética, lo que se traduce en un menor rendimiento tanto de la parte aérea como de la parte subterránea del cultivo. Sin embargo, altas dosis de N en las plantas producen vegetación excesiva, menos llenado de producto comercial, y en el experimento no se llegó a esa situación por los niveles aplicados (Da Silva *et al.*, 2021). Debido a esto, al evaluar la concentración de proteínas solubles totales en raíces, disminuye drásticamente lo cual se interpretó como una consecuencia del poco crecimiento debido al estrés nutricional. En condiciones de estrés por nitrógeno, la tasa de crecimiento de la planta se reduce, lo cual se debe de manera

parcial a que existe una baja inversión de compuestos orgánicos (fotosintatos) en hojas y a una mayor inversión de ellos en las raíces (Lupini *et al.*, 2017). Del mismo modo, diversos investigadores refieren que no es recomendable aplicar cantidades considerables de nitrógeno (generalmente 50 % de la dosis) en las etapas iniciales de desarrollo de este cultivo, debido a que una proporción importante de este nutrimento quedará fuera del alcance del sistema de raíces de la planta, debido a su baja tasa de extracción (Beier & Kojima, 2021). Lo anterior es más grave si el establecimiento del cultivo se realiza por siembra directa, ya que en esas condiciones el nitrógeno aplicado al inicio del ciclo está expuesto por más tiempo a los factores del ambiente antes de que la planta pueda demandar cantidades importantes de él; por lo tanto, resulta conveniente realizar la aplicación de fertilizante nitrogenado hasta que la planta se encuentre establecida y que presenta un sistema de raíces capaz de absorber agua y nutrimentos de nitrógeno con algunas etapas de crecimiento de la planta, en las cuales existe mayor o menor demanda de nitrógeno, lo anterior implicaría realizar aplicaciones de cantidades considerables de la dosis de nitrógeno en etapas avanzadas de desarrollo del cultivo, cuando la demanda por este nutrimento sea el resultado de las necesidades metabólicas propias del crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación en el cultivo, que se observan durante la etapa de inicio de cosecha (Li *et al.*, 2021).

Conclusiones

El contenido de proteínas solubles totales en hojas de “aguaymanto” *Physalis peruviana* L. (Solanaceae) aumentó por efecto de las diferentes dosis 160-50-160; 225-70-

275; 300-100-450 de NPK, respectivamente respecto al control.

El contenido de proteínas solubles totales fue mayor 31,04 ug/g cuando se empleó la dosis dada por el tratamiento 300-100-450 de NPK.

El contenido de proteínas solubles totales fue menor 9,81 ug/g cuando se empleó la dosis dada por el tratamiento 160-50-160 de NPK.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Trujillo por brindar las facilidades de uso de infraestructura y equipamiento para el desarrollo de la presente investigación.

Contribución de los autores

C. R., M. C.; Concepción, diseño del trabajo de investigación; C. R., M. C., J. H.: Recolección de datos o información, análisis e interpretación de los resultados obtenidos; C. R., M. C., P. L.: Preparación, redacción del artículo y revisión crítica: Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la revisión.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés tanto de tipo financiero, como no financiero.

Literatura citada

- Baslam, M.; T. Mitsui; K. Sueyoshi & T. Ohyama. 2020. Recent Advances in Carbon and Nitrogen Metabolism in C3 Plants. International journal of molecular sciences, 22(1): 318. <https://doi.org/10.3390/ijms22010318>
- Bazalar, M. S.; M. A. Nazareno & C. I. Viturro. 2019. Nutritional and Antioxidant Properties of *Physalis peruviana* L. Fruits from the Argentinean Northern Andean Region. Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands), 74(1): 68–75. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0702-1>

- Beier, M. P. & S. Kojima.** 2021. The function of high-affinity urea transporters in nitrogen-deficient conditions. *Physiologia plantarum*, 171(4), 802–808. <https://doi.org/10.1111/ppl.13303>
- Cárdenas-Barboza, L. C.; A. C. Paredes-Córdoba; L. Serna-Cock; M. Guancha-Chalapud & C. Torres-León.** 2021. Quality of *Physalis peruviana* fruits coated with pectin and pectin reinforced with nanocellulose from *P. peruviana* calyces. *Heliyon*, 7(9), e07988. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07988>
- Chai, L. S.; G. S. Liu; Y. X. Zhu; S. Y. Wang; C. S. Yang & Y. Li.** 2021. Zhongguo Zhong yao za zhi = Zhongguo zhongyao zazhi = China journal of Chinese materia medica, 46(15), 3865–3872. <https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjcm.20210525.202>
- Da Silva Leite, R.; K. Sivakumaran; S. Hernández-Navarro; M. Neves do Nascimento; N. Potosme; P. Carrión-Prieto & E. Souza.** 2021. Nitrogen influenced biomolecular changes on *Physalis* L. species studied using 2DCOS spectral analysis coupled with chemometric and Receiver operation characteristics analysis. *Spectrochimica acta. Part A, Molecular and biomolecular spectroscopy*, 249, 119220. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.119220>
- De Bang, T. C.; S. Husted; K. H. Laursen; D. P. Persson & J. K. Schjoerring.** 2021. The molecular-physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. *The New phytologist*, 229(5), 2446–2469. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>
- Glanz-Idan, N. & S. Wolf.** 2020. Upregulation of photosynthesis in mineral nutrition-deficient tomato plants by reduced source-to-sink ratio. *Plant signaling & behavior*, 15(2): 1712543. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1712543>
- Han, Y.; P. J. White & L. Cheng.** 2022. Mechanisms for improving phosphorus utilization efficiency in plants. *Annals of botany*, 129(3): 247–258. <https://doi.org/10.1093/aob/mcab145>
- Hidalgo, J.; C. Ramos & M. Chaman.** 2014. Efecto de diferentes concentraciones NPK y simbiosis con *Glomus* intraradices, sobre el contenido de Proteínas solubles totales de *Plukenetia volubilis* L. *Arnaldoa* 21(2): 329-342. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/50113673#page/80/mode/1up>
- Johnson, R.; K. Vishwakarma; M. S. Hossen; V. Kumar; A. M. Shackira; J. T. Puthur; G. Abdi; M. Sarraf & M. Hasanuzzaman.** 2022. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant physiology and biochemistry: PPB*, 172, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>
- Kasali, F. M.; J. Tusiimire; J. N. Kadima; C. U. Tolo; A. Weisheit & A. G. Agaba.** 2021. Ethnotherapeutic Uses and Phytochemical Composition of *Physalis peruviana* L.: An Overview. *TheScientificWorldJournal*, 2021, 5212348. <https://doi.org/10.1155/2021/5212348>
- Kielkopf, C. L.; W. Bauer & I. L. Urbatsch.** 2020. Bradford Assay for Determining Protein Concentration. *Cold Spring Harbor protocols*, 2020(4), 102269. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot102269>
- Li, S.; Y. Z. Huang; X. Y. Liu & X. D. Fu.** 2021. Genetic improvement of nitrogen use efficiency in crops. *Yi chuan = Hereditas*, 43(7), 629–641. <https://doi.org/10.16288/j.ycz.21-064>
- Lock, O.; E. Perez; M. Villar; D. Flores & R. Rojas.** 2016. Bioactive Compounds from Plants Used in Peruvian Traditional Medicine. *Natural product communications*, 11(3), 315–337.
- Lupini, A.; M. P. Princi; F. Araniti; A. J. Miller; F. Sunseri & M. R. Abenavoli.** 2017. Physiological and molecular responses in tomato under different forms of N nutrition. *Journal of plant physiology*, 216, 17–25. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.05.013>
- Monroy-Velandia, D. & E. Coy-Barrera.** 2021. Effect of Salt Stress on Growth and Metabolite Profiles of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) along Three Growth Stages. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(9), 2756. <https://doi.org/10.3390/molecules26092756>
- Navarro, L.; D. Vásquez & A. Torres.** 1992. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad sobre la producción, tasa de acumulación y valor nutritivo de la materia seca del pasto Digitaria swazilandensis. *Zoot. Trop*, 10(2), 131-155.
- Poveda Carrillo, J. J.** 2022. Respuesta a la aplicación de diferentes bioestimulantes y cantidades de fertilizantes en el rendimiento de durazno (*Prunus persica* var. diamante) (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Proaño, J. L. & M. A. Mendoza.** 2013. Evaluación del efecto de tres niveles de NPK y dos de biofertilizante a través del fertirriego en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en la zona de Daular, provincia del Guayas.

Ramos, C.; J. Hidalgo; P. Lezama & M. Chaman.

2021. Efecto de *Rhizophagus irregularis* Schenk & Smith y NaCl sobre el patrón electroforético de “tomate” *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae). *Arnaldoa*, 28(2): 365-382. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.282.28207>

Sung, J.; S. Lee; Y. Lee; S. Ha; B. Song; T. Kim; B.

M. Waters & H. B. Krishnan. 2015. Metabolomic profiling from leaves and roots of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants grown under nitrogen, phosphorus or potassium-deficient condition. *Plant science : an international journal of experimental plant biology*, 241, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.09.027>

Trejo-Téllez, L. I.; F. C. Gómez-Merino; M. Rodríguez-Mendoza & G. Alcántar-González. 2005.

Fertilización foliar con urea en la partición de nitrógeno en espinaca. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 495-503. [fecha de Consulta 11 de Noviembre de 2022]. ISSN: . Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311146008>

Zhang, L.; S. Sun; Y. Liang; B. Li; S. Ma; Z. Wang;

B. Ma & M. Li. 2021. Nitrogen Levels Regulate Sugar Metabolism and Transport in the Shoot Tips of Crabapple Plants. *Frontiers in plant science*, 12, 626149. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.626149>

