

RELACIONES DE NITRATO/AMONIO Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN LA VARIEDAD EXPERIMENTAL DE LECHUGA PIGMENTADA (*Lactuca sativa* L.) PIC-M1

Díaz-Vázquez, F.A.¹; Sariñana-Navarrete, M.A.^{1*}; Sandoval-Rangel, A.²; Camposeco-Montejo, N.³

¹Programa de Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.

²Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila México.

³Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Granos y Semillas, Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila México.

* est_primo23@hotmail.com

RESUMEN

La fertilización nítrica en cultivos de hoja, como las lechugas, puede generar alta concentración de nitrato en el tejido vegetal. Estudios recientes sugieren un efecto nocivo del consumo de alimentos con alto contenido de nitrato, sin embargo, una reducción en el aporte de este ion puede generar disminución del crecimiento de la planta. Por tal motivo, el objetivo del experimento fue evaluar la concentración de nitrato en tejido fresco de lechuga, como efecto de variaciones en la relación entre las dos formas de absorción de nitrógeno (nitrato y amonio), considerando además, el efecto sobre el crecimiento de la planta, empleando un genotipo experimental de lechuga morada. Dicho experimento se estableció bajo condiciones protegidas en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Se emplearon plántulas de la variedad experimental PIC-M1, las cuales fueron trasplantadas a macetas con sustrato peat moss-perlita a los 30 días de emergidas. Se estableció un diseño completamente aleatorizado, con 4 tratamientos de relaciones nitrato/amonio (95-5%, 90-10%, 85/15% y 80/20%) y ocho repeticiones. A los treinta días de establecidas, se evaluaron las variables ganancia de altura (GA), número de hojas (NH), diámetro de tallo (DT), peso fresco total (PFT), peso seco total (PST), sólidos solubles totales (SST), contenido de sodio (Na⁺), calcio (Ca²⁺), potasio (K⁺) y nitrato (NO₃⁻) en tejido fresco y antocianinas totales (AT). El incremento de amonio en la nutrición incrementó la altura, número de hojas y peso fresco de la lechuga, sin embargo, disminuyó los niveles de K⁺ e incrementó el contenido de NO₃⁻ en tejido fresco, no se observó diferencia estadística en el contenido de antocianinas totales.

Palabras clave: crecimiento, concentración, minerales, soluciones nutritivas.

INTRODUCCIÓN

La lechuga se reporta como el cultivo con menor producción a nivel mundial con un total de 1.269.805 hectáreas cultivadas y una producción de 27.259.820 toneladas. México aportó el 1,78% de la producción con 486.440 toneladas, se observa un incremento de la producción en los últimos años, generados por la creciente demanda de alimentos y por la mejora en los sistemas productivos (FAOSTAT, 2018).

Las tendencias de producción y consumo al alza reflejan la necesidad de desarrollar sistemas productivos enfocados a incrementar la productividad y rendimientos del cultivo, sin disminuir la calidad nutraceútica del producto final, en relación con el contenido mineral y aporte nutricional. Uno de los puntos críticos en la producción de vegetales de hoja, es la obtención de productos con contenidos de nitrato dentro del rango permisible de consumo, tomando en cuenta que el aporte nutrimental de nitrógeno en

cualquiera de sus formas absorbibles es el principal factor limitante del crecimiento en las plantas cultivadas. (Bahadoran et al., 2016) afirma que los vegetales como la lechuga, aportan alrededor del 80-95% de la ingesta dietética total de nitrato, reportando contenidos de 3.6 mg g⁻¹. La acumulación de nitrato en hojas de lechuga, está relacionada con la fisiología de la planta, ya estos se encuentran almacenados en mayor cantidad en las vacuolas y son transportados vía xilema siendo translocados por el floema posteriormente a órganos de demanda como ápices de crecimiento y órganos de almacenaje como semillas y tubérculos, sin embargo, como en las lechugas comerciales, no existe una producción de semilla u otros órganos que demanden el nitrato absorbido, este se concentra en las hojas (Chowdhury & Das, 2015).

Además del factor fisiológico, existen factores ambientales y de manejo como luminosidad, temperatura, precipitaciones, variabilidad genética, actividad de la nitrato reductasa, fertilización y aporte

nutricional, que están relacionados con la absorción y acumulación de nitrato en las hojas de lechuga (Chowdhury & Das, 2015),(Lara *et al.*, 2019) (Kappel *et al.*, 2021). En el manejo nutricional, la fertilización con variaciones en la forma del N (NO_3^- y NH_4^+) bajo diferentes proporciones, ha mostrado buenos resultados en la reducción de nitrato en el área foliar, sin embargo, relaciones similares de ambas formas asimilables, ha mostrado efectos negativos en el crecimiento de la planta, en esquemas de producción hidropónica (Lara *et al.*, 2019).

La conductividad eléctrica de la solución nutritiva puede influenciar la velocidad de absorción de estos iones. Al respecto Kappel *et al.*, (2021) menciona que altos valores para EC, pueden incrementar la absorción de nitrato, sin embargo, el comportamiento respecto a la absorción de este ion, es modificado por el factor genético, ya que se encontraron genotipos que absorbieron menor cantidad de nitrato en soluciones con altos valores para EC. Del mismo modo (Ortega-Blu *et al.*, 2020) ha reportado resultados donde se observan altas concentraciones de nitrato en lechuga, observándose efectos significativos de la temporada de siembra, la especie (genotipo) y la interacción del genotipo- ambiente. Lo anterior coincide con lo reportado por (Ollúa *et al.*, 2016) quienes evaluaron los efectos del aporte de N mediante lombricomposta y urea, observando valores significativos para las fuentes empleadas, sin embargo, el factor genético, incidió directamente en la acumulación de NO_3^- .

Diversos cultivos han presentado diferencias entre los niveles de absorción como efecto de la fertilización nitrogenada en diferentes proporciones de sus formas absorbibles (NO_3^- y NH_4^+). Para la lechuga, se ha encontrado que no existe un efecto significativo en las proporciones de N en sus formas absorbibles, al menos para materia seca acumulada y concentración de N, sin embargo destaca la influencia del NH_4^+ en la disminución de los niveles de absorción de K^+ en los tejidos de lechuga (Nawarathna *et al.*, 2021). Relaciones altas de amonio, superiores al 50% del nitrógeno total aportado vía solución nutritiva, generó disminuciones considerables en el crecimiento, así como la acumulación de calcio y potasio en el tejido vegetal, además de que la acidez de la solución se incrementó considerablemente (Weil *et al.*, 2021)

El manejo nutricional basado en relaciones de NO_3^- y NH_4^+ puede permitir la obtención de rendimientos óptimos, contenidos de nitrato en tejido dentro de los rangos permitidos, y absorción adecuada de otros nutrientes. Es necesario evaluar los efectos de diferentes relaciones de nitrato y amonio en la nutrición mineral de lechuga y las implicaciones que guarda en relación con la asimilación de otros nutrientes, por lo que el objetivo

del presente ensayo fue evaluar el efecto de 4 relaciones entre nitrato y amonio con el contenido final de nitratos en hoja de lechuga, el contenido mineral de calcio y potasio y el efecto en el crecimiento de la planta.

METODOLOGÍA

El experimento se desarrolló bajo condiciones protegidas, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Coahuila, México. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y ocho repeticiones. Se emplearon semillas de lechuga de la variedad experimental PIC-M1. Las plántulas fueron trasplantadas a las 4 semanas después de emergencia, cuando alcanzaron una altura de entre 10 y 15 cm a macetas con 4 L de sustrato de peat moss-perlita 70:30 (v/v). Los tratamientos con soluciones nutritivas, se elaboraron en base a (Hoagland & Arnon, 1950) con un contenido de 196 ppm (N- NO_3), 14 ppm (N- NH_4), 31 ppm (P), 235 ppm (K), 200 ppm (Ca), 48 ppm (Mg) y 64 ppm (S). En relación a los micronutrientes se requiere 0.5 ppm (B), 1.0 ppm (Fe), 0.5 ppm (Mn), 0.005 ppm (Zn), 0.02 ppm (Cu) y 0.01 ppm (Mo) (Nawarathna *et al.*, 2021). Para la estimación de las ppm de los macronutrientes, dentro de cada relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, se ajustaron las ppm de cationes y aniones, de tal manera que el incremento que se reflejara en los cationes por el incremento en la cantidad de amonio aportado, se disminuyera de manera proporcional en los demás cationes, y de la misma manera, la disminución en el total de aniones, por la disminución de NO_3^- , se compensó incrementando de manera proporcional los otros aniones, manteniendo la relación estable de cationes y aniones (19/19) (Lara *et al.*, 2019), con lo que se obtuvieron las proporciones (Tabla 1) para macroelementos de las diferentes relaciones de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ que conformaron los tratamientos.

Tabla 1. Cantidades de Macronutrientes para los tratamientos empleados

Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$	Nutrimento (mg L ⁻¹)						
	NO_3^-	NH_4^+	H_2PO_4^-	SO_4^-	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}
95%-5%	200	10	34	71	230	196	47
90%-10%	189	21	38	78	225	191	46
85%-15%	179	31	41	85	220	187	45
80%-20%	168	42	45	92	214	183	44

Los micronutrientes se aportaron utilizando la fórmula comercial Ultrasol Micromix (SQM, Santiago, Chile), considerando la riqueza en Fe el principal indicador del aporte nutrimental. Los tratamientos de soluciones

nutritivas fueron aplicados vía drench, 500 mL por riego diario hasta las 4 semanas después del trasplante, momento en el cual se midió GA por diferencia entre la primera y la última medición, se reportaron en cm planta⁻¹, se cuantificó NH, se midió DT utilizando un vernier digital, los datos se reportaron en cm, se evaluó PFT, los datos se reportaron en g planta⁻¹, PST se determinó en muestras secadas en horno a 60°, usando una balanza analítica, los datos se reportaron en g planta⁻¹, SST (°Brix) se midieron empleando refractómetro portátil. Para determinar el contenido de NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺ y Na⁺, se emplearon ionómetros específicos para cada mineral (Horiba, Kyoto, Japón). El procedimiento consistió en obtener el peciolo de una hoja de la parte intermedia de la roseta para cada unidad experimental, se extrajo la savia mediante prensado mecánico y se colocó la savia en los sensores previamente calibrados. Para la determinación de antocianinas, 100 mg de tejido liofilizado fue sometido a extracción con una solución de etanol-agua-HCl (70:29:1/ v: v: v). Se obtuvo una alícuota después de centrifugación a 12,000 rpm durante 10 min. El

sobrenadante se leyó en espectrofotómetro a 540 nm. La concentración total de antocianinas se calculó siguiendo la siguiente fórmula:

$$AT = \frac{(A540 \text{ nm})(PM \text{ M3G})(1000)(FD)}{(CEM)(\text{Paso óptico})}$$

Dónde:

A540 nm= Absorbancia a 540 nm

PM M3G= Peso Molecular de malvidin-3-glucósido

FD= Factor de Dilución

CEM= Coeficiente de extinción molar

Los resultados se expresaron en equivalentes de malvidin-3-glucósido (Medrano Macías *et al.*, 2021). Los datos obtenidos se procesaron en el paquete estadístico SAS. Donde se realizó un análisis de varianza y comparación de medias LSD (p<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA (p<0.05) detallado en la **Tabla 2** no detecto diferencia significativa para las variables GA, NH, DT, PFT, PST y SST.

Tabla 2. ANOVA (p<0.05) para variables de crecimiento y el contenido de sólidos solubles totales en cultivo de lechuga, como efecto de la aplicación de 4 relaciones de nitrato/amonio.

FV	gl	GA (cm)	NH (n)	DT (cm)	PFT (g)	PST (g)	SST (%GB)
Tratamiento	3	2.53 ^{ns}	4.33 ^{ns}	0.06 ^{ns}	2251.04 ^{ns}	6.89 ^{ns}	0.19 ^{ns}
Error	28	1.21	2.66	0.04	1479.24	7.46	0.45
CV (%)		9.34	7.72	12.07	23.53	24.21	25.58
DMS		1.13	1.67	0.2	39.39	2.79	0.69

FV= Fuentes de variación, gl= Grados de libertad, Error= Error experimental, CV= Coeficiente de variación, DMS= Diferencia mínima significativa, GA= Ganancia de altura, NH= Numero de hojas, DT= Diámetro de tallo, PFT= Peso fresco total, PST= Peso seco total, SST= Sólidos solubles totales, %GB= % Grados Brix, ns= Diferencia estadística no significativa.

Sin embargo, la prueba de medias detecto diferentes grupos estadísticos, de este modo, la relación de NO₃⁻/NH₄⁺ bajo una relación 85/15, promovió una mayor GA, NH y PFT de la roseta cosechada, observándose una disminución en los promedios para estas variables en relación al incremento porcentual de NO₃⁻ en la solución nutritiva (**Tabla 3**), el mecanismo de defensa que la planta activa para evitar toxicidad por parte del NO₃⁻, integra al ion a los esqueletos carbonados y a procesos de síntesis de aminoácidos como la glutamina, generando tejido estructural. (Zhu *et al.*, 2020) reportaron un incremento para estas variables en relaciones de NO₃⁻/NH₄⁺ de 75/15, disminuyendo cuando la proporción de NO₃⁻/NH₄⁺ incrementó a relaciones de 100/0 para plántulas de lechugas.

Para la variable de peso seco total (PST), únicamente se observó diferencia numérica, se observó un incremento considerable de PST para tratamientos con una relación

más alta en amonio (85/15 y 80/20), lo cual pudiera estar relacionado con las vías metabólicas que atraviesa el amonio al ingresar a la planta como respuesta a una posible intoxicación. (Zhu *et al.*, 2020) reportaron valores más altos para esta variable bajo relaciones de NO₃⁻/NH₄⁺ de 75/25 y resultados más bajos para relaciones de NO₃⁻/NH₄⁺ en 100/0.

Los resultados de PST difieren de los resultados presentados por (Lara *et al.*, 2019) los cuales muestran una disminución de esta variable en relación a los incrementos porcentuales del amonio en la solución nutritiva. Estas reducciones del PST son atribuidas a los niveles de radiación presentes en las diferentes épocas de cultivo y a los niveles de actividad fotosintética, sin embargo, el genotipo puede jugar un papel importante en los niveles de acumulación de biomasa y metabolismo del amonio absorbido.

Tabla 3. Respuesta de las variables agronómicas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) a la modificación en la relación NO₃/NH₄ de la solución nutritiva Hoagland-Arnon.

Relación NO ₃ /NH ₄	GA (cm)	NH (n)	DT (cm)	PFT (g)	PST (g)	SST (%)
95/5	11.75±0.85 ^{ab}	20.88±1.73 ^{ab}	1.61±0.16 ^a	146.25±32.15 ^b	10.18±2.45 ^a	2.60±0.83 ^a
90/10	11.13±1.22 ^b	20.38±1.85 ^b	1.59±0.19 ^a	163.13±43.42 ^{ab}	10.99±2.71 ^a	2.83±0.66 ^a
85/15	12.50±1.22 ^a	22.13±1.13 ^a	1.77±0.21 ^a	186.25±33.57 ^a	11.59±1.27 ^a	2.45±0.45 ^a
80/20	11.75±1.07 ^{ab}	21.13±1.73 ^{ab}	1.61±0.22 ^a	158.13±43.25 ^{ab}	12.37±3.86 ^a	2.66±0.70 ^a

*Medias con literal diferente indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$).

El ANOVA ($p \leq 0.05$) únicamente detectó diferencia significativa para la concentración de K⁺ en peciolo

(Tabla 4). Los demás iones no presentaron diferencias significativas.

Tabla 4. Cuadrados medios de la concentración de iones en peciolo de lechuga, como efecto de la aplicación de nutrición con 4 diferentes relaciones de nitrato/amonio.

FV	gl	NO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	AAN
Tratamiento	3	4915312.5 ns	177083.33*	6081.11 ns	2937.79 ns	2.03 ns
Error	28	2320401.79	56339.29	4693.32	1962.55	3.47
CV (%)		23.29	9.42	28.06	30.07	30.19
DMS		1560.15	243.1	70.16	45.37	1.9

FV= Fuentes de variación, gl= Grados de libertad, Error= Error experimental, CV= Coeficiente de variación, DMS= Diferencia mínima significativa, NO₃⁻= Nitrato, K⁺= Potasio, Ca²⁺= Calcio, Na⁺= Sodio, AAN= Antocianinas

Las relaciones NO₃⁻/NH₄⁺ modificaron el contenido total de K⁺ y NO₃⁻ (Tabla 5). Los datos obtenidos muestran una relación directamente proporcional entre el contenido de NO₃⁻ y el contenido de K⁺ en el tejido. En comparación con la relación 95/5, al disminuir 10% la cantidad de NO₃⁻ en la solución, se reduce en 12.55% la cantidad de K⁺. En contraste, reducir 15% la cantidad de NO₃⁻, es decir, una relación de NO₃⁻/NH₄⁺ (80/20) incrementó 77.07% el contenido total de NO₃⁻ en tejido. Para el caso del Ca²⁺, los resultados coinciden con lo encontrado por (Lara et al., 2019) quienes no obtuvieron

diferencia significativa entre las diferentes proporciones de NO₃⁻/NH₄⁺, encontrándose diferencias significativas únicamente en las épocas de siembra analizadas para el mismo cultivo. Los valores obtenidos en este estudio para las concentraciones de Ca²⁺ en peciolo, permiten observar como el genotipo evaluado, presentó mayores concentraciones (283.75 mg L⁻¹) con relación al valor máximo obtenido por el autor mencionado, (111.56 mg L⁻¹) superándolo en un 154.34%.

Tabla 5. Contenido total de iones y antocianinas en tejido de lechuga (*Lactuca sativa*) como respuesta a la modificación de la relación NO₃⁻/NH₄⁺ en la solución nutritiva.

Relación NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	AAN (eq m3g)
95/5	5925 ^b	2687,5 ^a	241,63 ^a	165 ^a	5.67 ^a
90/10	6212,5 ^{ab}	2450 ^{ab}	222,5 ^a	123 ^a	6.43 ^a
85/15	6337,7 ^{ab}	2350 ^b	228,75 ^a	141,25 ^a	6.75 ^a
80/20	7687,5 ^a	2587,5 ^{ab}	283,75 ^a	160 ^a	5.84 ^a

*Medias con literal diferente indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba LSD Fisher ($\alpha = 0.05$).

Para el caso del K⁺ se observa que mientras NH₄⁺ incrementa en la solución nutritiva, la absorción de K⁺ disminuye, esto pudiera estar relacionado a la equivalencia de cargas que ambos presentan, por lo cual al incrementar NH₄⁺ en la solución nutritiva, se genera mayor competencia entre NH₄⁺ y K⁺ por ingresar a la

planta. Al respecto, (Zandvakili et al., 2019) encontraron que la adición de urea como fuente de N, disminuyen la absorción de K⁺ para el cultivo de lechuga. Por su parte (Weil et al., 2021) reportan un comportamiento similar a los resultados obtenidos en el presente experimento. Estos autores reportan los mayores valores en

concentración de K^+ (8.7%) con relación al peso seco, cuando el contenido de NH_4^+ aportado fue de 0%, por el contrario, la menor concentración de K^+ (4.32%) en relación al peso seco, se encontró cuando los niveles de NH_4^+ en relación al total del N aportado alcanzó el 75%.

En relación con el contenido de NO_3^- en peciolo, se encontraron incrementos considerables del contenido de NO_3^- foliar con relación a los incrementos de NH_4^+ aportado mediante la solución nutritiva. Este comportamiento pudiera deberse a que al tener una mayor disponibilidad de N en forma de NH_4^+ , la planta emplea esta forma absorbible, integrándola al proceso metabólico, considerando el ahorro energético que la planta realiza al dejar de metabolizar el NO_3^- mediante degradación enzimática. De esta manera, el NO_3^- no metabolizado, es almacenado en las vacuolas, generando mayor concentración de este.

Respecto al contenido de nitrato en el área foliar, se observó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, puede observarse que los incrementos de NH_4^+ incrementaron de forma significativa los niveles de NO_3^- en peciolo. Estos resultados difieren de lo expuesto por (Lara et al., 2019) quienes observaron una relación inversa entre el contenido de NO_3^- y los rangos de NH_4^+ aplicados, esto para el cultivo de lechuga empleando la misma metodología de medición.

Sin embargo, (Lara et al., 2019) presentan valores muy similares entre la concentración más alta de NO_3^- (4, 254.85 $mg L^{-1}$) a un rango de 100/0 entre $NO_3^- - NH_4^+$ y los resultados para una relación 80/20 de los mismos iones (4,236.67 $mg L^{-1}$). Del mismo modo, estos resultados difieren de lo reportado por (Urlic et al., 2017) quien reporta disminuciones del contenido de NO_3^- relacionado a incrementos en la aportación de NH_4^+ en lechuga. Estos valores superan los niveles permitidos por la Norma Europea 1258/2011, que establece que el nivel máximo de NO_3^- en lechuga cultivada en invernadero es de 5000 $mg NO_3^- Kg^{-1}$.

La modificación en las relaciones de NO_3^-/NH_4^+ en la solución nutritiva no tuvo efecto significativo en el contenido total de antocianinas en tejido liofilizado de lechuga. Los valores promedio encontrados estuvieron en un rango de 5.67 y 6,75 $mg g^{-1}$ materia seca, cuantificando el valor más bajo en la relación 95/5, y el valor más alto en la relación 85/5.

Los resultados respecto al contenido de antocianinas en la variedad experimental de lechuga pigmentada, son similares a los resultados expuestos por (Brücková et al., 2016) quienes no encontraron diferencias significativas en los índices de antocianinas observados en lechugas de coloración rojiza, bajo la metodología propuesta por el mismo autor. Por su parte, (Song et al., 2020) reportan niveles de antocianinas máximos con valores de 0.018 $mg g^{-1}$ de tejido fresco, bajo condiciones de intensidad

lumínica de 350 $\mu mol m^2 s^{-1}$ y solución nutritiva concentrada al 25%.

CONCLUSIONES

1. El incremento en los niveles de NH_4^+ tuvo un efecto significativo de forma positiva para las variables ganancia de altura, número de hojas y peso fresco total.
2. El incremento en los niveles de NH_4^+ tuvo un efecto negativo para los niveles de concentración de los iones K^+ relacionados a la competencia entre estos iones ($NH_4^+ - K^+$) y un efecto positivo con el NO_3^- lo cual pudiera estar relacionado con la disminución en el metabolismo y degradación del NO_3^- incrementando la acumulación de este ion en las vacuolas y por lo tanto incrementando
3. Los niveles de NO_3^- obtenidos en las lechugas establecidas en el experimento, superan los niveles permitidos por los estándares de la Unión Europea, considerándose potencialmente tóxicas al consumo.
4. Los niveles de antocianinas en tejido no presentaron variación respecto a los tratamientos aplicados al cultivo, por lo que se cree que las fuentes de nitrógeno no tienen un efecto sobre la metabolización de este compuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., & Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 51, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.06.006>
- Brücková, K., Sytar, O., Živčák, M., Brestič, M., & Lebeda, A. (2016). Vplyv podmienok pestovania na akumuláciu flavonolov a antokyánov v zelenom a červenom šaláte. *Journal of Central European Agriculture*, 17(4), 986–997. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/17.4.1802>
- Chowdhury, A., & Das, A. (2015). Nitrate Accumulation and Vegetable Quality. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(12), 1668–1672. <https://doi.org/10.21275/v4i12.nov152366>
- FAOSTAT. (2018). *Cultivos*. Producción de Lechuga. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). The water-Culture Method for Growing Plants without Soil. *California Agricultural Experiment Station, Circular*

3, 1–32.

- Kappel, N., Boros, I. F., Ravelombola, F. S., & Sipos, L. (2021). EC Sensitivity of Hydroponically-Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Types in Terms of Nitrate Accumulation. *Agriculture*, *11*(4), 315. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040315>
- Lara, A., Rojas, A., Romero, M., Ramirez, H., Crespo, E., Alcalá, J., & Loredó, C. (2019). Crecimiento Y Acumulación De NO_3^- - En Lechuga Hidropónica Con Relaciones Nitrato/Amonio En Dos Estaciones De Cultivo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *42*(3), 21–29.
- Medrano Macías, J., López Caltzontzitz, M., Rivas Martínez, E., Narváez Ortíz, William Benavides Mendoza, A., & Martínez Lagunes, P. (2021). Enhancement to Salt Stress Tolerance in Strawberry Plants by Iodine Products Application. *Agronomy*, *11*(602), 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11030602>
- Nawarathna, K. K. K., Dandeniya, W. S., Dharmakeerthi, R. S., & Weerasinghe, P. (2021). Vegetable Crops Prefer Different Ratios of Ammonium-N and Nitrate-N in the Growth Media. *Tropical Agricultural Research*, *32*(1), 95. <https://doi.org/10.4038/tar.v32i1.8445>
- Ollúa, R. T., Logegaray, V. R., & Chiesa, Á. (2016). Concentración de nitratos en dos tipos comerciales de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con distintas fuentes nitrogenadas. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, *32*(ahead), 0–0. <https://doi.org/10.4067/s0719-38902016005000004>
- Ortega-Blu, R., Martínez-Salgado, M. M., Ospina, P., García-Díaz, A. M., & Fincheira, P. (2020). Nitrate Concentration in Leafy Vegetables from the Central Zone of Chile: Sources and Environmental Factors. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *20*(3), 964–972. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00183-4>
- Song, J., Huang, H., Hao, Y., Song, S., Zhang, Y., Su, W., & Liu, H. (2020). Nutritional quality, mineral and antioxidant content in lettuce affected by interaction of light intensity and nutrient solution concentration. *Scientific Reports*, *10*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59574-3>
- Urlić, B., Jukić Špika, M., Becker, C., Kläring, H. P., Krumbein, A., Goreta Ban, S., & Schwarz, D. (2017). Effect of NO_3^- and NH_4^+ concentrations in nutrient solution on yield and nitrate concentration in seasonally grown leaf lettuce. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, *67*(8), 748–757. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1347704>
- Weil, S., Barker, A. V., Zandvakili, O. R., & Etemadi, F. (2021). Plant growth and calcium and potassium accumulation in lettuce under different nitrogen regimes of ammonium and nitrate nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, *44*(2), 270–281. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1806313>
- Zandvakili, O. R., Barker, A. V., Hashemi, M., Etemadi, F., Autio, W. R., & Weis, S. (2019). Growth and nutrient and nitrate accumulation of lettuce under different regimes of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, *42*(14), 1575–1593. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1617313>
- Zhu, X., Yang, R., Han, Y., Hao, J., Liu, C., & Fan, S. (2020). Effects of different $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratios on the photosynthesis and ultrastructure of lettuce seedlings. *Horticulture Environment and Biotechnology*, *61*(3), 459–472. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00242-w>