



Received: Oct 20, 2024 / Accepted: Dic 17, 2024

Artículo Original

Efecto del estiércol de vacuno y fertilizante inorgánico en el crecimiento inicial del ají paprika (*Caosicum annuum*)

Effect of cattle manure and inorganic fertilizer on the initial growth of paprika pepper (*Capsicum annuum*)

K. N. Cubas-Tarrillo ¹, Y. S. Espinoza-Arguelles ¹, B. I. Garay-Moreno ¹, L. F. Tena-López ¹, Y. M. Flores-Sullon ¹, J. S. Alvarado-Marrias ¹, D. B. Luis-Olivas ^{2,*}, M. T. Sánchez-Calle ²



<https://doi.org/10.51431/par.v6i2.974>

Resumen

Objetivo: Evaluar el efecto del estiércol de vacuno y un fertilizante inorgánico en el crecimiento inicial del ají paprika. **Metodología:** Se implementó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 2, siendo el factor estiércol de vacuno con tres niveles (0, 280 y 560 g planta⁻¹) y el factor fertilizante inorgánico con dos niveles (Sin y Con). Como fuente fertilizante inorgánico se utilizó el sulfato de amonio (21%N) y se aplicó 13 g planta⁻¹. La combinación de ambos originó seis tratamientos, los que tuvieron tres repeticiones. Se utilizaron bolsas de 10 L, suelo arenoso y plántulas de ají paprika. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza por la prueba F, previa evaluación de normalidad y homogeneidad de varianzas. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó el software estadístico SISVAR 5.6. **Resultados:** Para el conjunto de variables evaluadas se encontró interacción entre los factores en estudio. La adición del fertilizante inorgánico a los diferentes niveles del estiércol de vacuno favoreció a la obtención de mayor altura de planta, producción de materia seca (raíces, tallos y total) y contenido de clorofila total. **Conclusión:** La adición del fertilizante inorgánico al estiércol de vacuno influye de manera positiva al mejorar las características del crecimiento inicial del ají paprika. Estos resultados respaldan la implementación de prácticas de fertilización integradas que combinan fuentes orgánicas e inorgánicas para optimizar el crecimiento y rendimiento de los cultivos de manera sostenible.

Palabras clave: Crecimiento, clorofila, fertilizante, materia seca

Abstract

Objective: To evaluate the effect of cattle manure and an inorganic fertilizer on the initial growth of paprika pepper. **Methodology:** A completely randomized design with a 3 x 2 factorial arrangement was implemented, with three levels of cattle manure as the factor (0, 280 and 560 g plant⁻¹) and two levels of inorganic fertilizer as the factor (without and with). Ammonium sulfate (21% N) was used as the inorganic fertilizer source and 13 g plant⁻¹ was applied. The combination of both treatments resulted in six treatments, which had three repetitions. 10 L bags, sandy soil and paprika pepper seedlings were used. The data obtained were subjected to variance analysis using the F test, after evaluating normality and homogeneity of variances. The Tukey test at 5% was used to compare means. The statistical software SISVAR 5.6 was used. **Results:** For the set of variables evaluated, interaction was found between the factors under study. The addition of inorganic fertilizer to different levels of cattle manure favored the achievement of greater plant height, dry matter production (roots, stems and total) and total chlorophyll content. **Conclusion:** The addition of inorganic fertilizer to cattle manure positively influences the improvement of the initial growth characteristics of paprika pepper. These results support the implementation of integrated fertilization practices that combine organic and inorganic sources to optimize crop growth and yield in a sustainable manner.

Keywords: Growth, chlorophyll, fertilizer, dry matter

¹ Escuela profesional de Ingeniería Agronómica-Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Perú.

² Departamento de Agronomía, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Perú.

*Autor de correspondencia: dluis@unifsc.edu.pe

Introducción

El cultivo del ají páprika (*Capsicum annuum*) en el Perú es de gran importancia económica y las zonas de producción están ubicadas principalmente en la región costera; es un cultivo caracterizado por el uso intensivo de agroquímicos (Martínez, 2017). La búsqueda de prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente ha llevado a un interés creciente en el uso de fertilizantes orgánicos, como el estiércol de vacuno, que no solo mejoran la fertilidad del suelo, sino que también promueven el crecimiento saludable de las plantas (Ribeiro et al., 2020; Silva et al., 2024). El estiércol de vacuno es reconocido por su capacidad para enriquecer el suelo con nutrientes esenciales y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Trejo-Escareño et al., 2013; Iledun & Jerimiah, 2020).

Estudios previos han demostrado que la aplicación de estiércol de vacuno puede aumentar la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el rendimiento de los frutos en cultivos de aj (Ribeiro et al., 2020; Ghazali et al., 2016). Además, la combinación de estiércol con otras emmiendas, como sustancias húmicas, ha mostrado estimular el metabolismo de las plantas, mejorando la absorpcin y asimilación de nutrientes; sin embargo, la eficacia de estas prácticas puede variar dependiendo de las dosis aplicadas y de las condiciones específicas del cultivo (Silva et al., 2024).

Por otro lado, el sulfato de amonio es un fertilizante inorgánico que proporciona ntrgeno, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Su uso combinado con fertilizantes orgánicos, como el estiércol de vacuno, podría ofrecer un enfoque sinérgico para optimizar el crecimiento de los cultivos (Ghazali et al., 2016). La investigación sobre la interacción entre diferentes dosis de estiércol de vacuno y niveles de sulfato de amonio es crucial para desarrollar prácticas agrícolas que maximicen el rendimiento de los cultivos de ají de manera sostenible (Iledun & Jerimiah, 2020). Por ello, una gestión integrada de nutrientes es un sistema alternativo para la gestión sostenible y rentable de

la fertilidad del suelo mediante la aplicación combinada de materiales orgánicos e inorgánicos, lo que resulta en un aumento de la fertilidad y la productividad del suelo sin afectar el medio ambiente (Roba, 2018). Investigaciones desarrolladas por Akhtar et al. (2019) y Zhang et al. (2020) aclaran que el fertilizante orgánico presenta bajo contenido en nutrientes y con baja capacidad de liberación de nutrientes, lo que la hace lenta para satisfacer los requerimientos de las plantas en un corto período de tiempo, y concluyen que el estiércol combinado con fertilizante sintético es un mejor enfoque para mejorar y mantener la fertilidad del suelo y la producción de cultivos que la aplicación exclusiva de estiércol o fertilizante sintético.

La combinación de estiércol de vacuno y sulfato de amonio no ha sido muy estudiada, y el manejo adecuado de la fertilización es crucial para maximizar el crecimiento y rendimiento de los cultivos, por lo que se hace necesario investigar cómo diferentes niveles de estos fertilizantes afectan el desarrollo inicial del ají páprika.

En este contexto, la investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la mezcla de tres niveles de estiércol de vacuno y dos niveles de un fertilizante inorgánico (Sulfato de amonio) en el crecimiento inicial del ají páprika, proporcionando información valiosa para el manejo sostenible de la fertilización en este cultivo.

Metodología

La investigación se desarrolló en el área experimental de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, perteneciente a la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, localizada en las coordenadas 116'33" LS y 7736'31" LO, a 25 msnm, durante los meses de setiembre a noviembre del 2024. La temperatura mínima varió entre 14,39 y 17,17C; en tanto que la máxima osciló entre 19,39 y 23,43C.

Con respecto al suelo utilizado, éste es alcalino, libre de sales, bajo en materia orgánica, alto en fósforo y bajo en potasio (Tabla 1).

Tabla 1

Características del suelo utilizado en el experimento

Textura	CE (mS/m)	pH	MO (%)	N (%)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	CaCO ₃ (%)
Arenoso	13,50	8,70	0,40	0,02	13,69	86,16	4,42

Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Se implementó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 2. El factor estiércol de vacuno con tres niveles (0, 280 y 560 g planta⁻¹) y el factor fertilizante inorgánico con dos niveles (Sin y Con). Como fuente fertilizante inorgánico se utilizó el sulfato de amonio (21%N) y se aplicó 13 g planta⁻¹. La combinación de ambos factores originó seis tratamientos, los que tuvieron tres repeticiones. Se utilizaron bolsas de 10 L, suelo arenoso y plantines de ají paprika King de 45 días de edad, procedentes de un vivero calificado. Para la aplicación de los tratamientos se hizo un hoyo en la que se colocó el estiércol de vacuno, solo o en mezcla, luego fue cubierto con el mismo sustrato. Posteriormente fueron regados por un período de tres semanas y luego de ello se realizó el trasplante. A los 60 días después del trasplante se evaluaron altura de planta, peso

seco (raíces, tallos y total) y contenido de clorofila. Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza por la prueba F, previa evaluación de normalidad y homogeneidad de varianzas. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó el software estadístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014).

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se aprecia que para el conjunto de variables evaluadas se ha evidenciado interacción entre los dos factores en estudio, lo que indica un posible efecto sinérgico, y que esto mostraría que el uso combinado de estiércol y fertilizante inorgánico podría optimizar el crecimiento y la salud del ají paprika en etapas iniciales.

Tabla 2

Resumen de cuadrados medios para altura de planta (AP), peso seco de raíces (PSR), peso seco de tallo (PST), peso seco total (PSTo) y clorofila total (ClTo) en Evaluación de la interacción entre el estiércol de vacuno y el sulfato de amonio en el crecimiento inicial del ají paprika.

FV	GL	Cuadrados medios				
		AP (cm)	PSR (g)	PST (g)	PSTo (g)	ClTo
Estiércol (E)	2	91,24 ns	1,625 *	347,898 **	396,936 **	226,168 *
Fertilizante (F)	1	923,06 **	20,844 **	1602,534 **	1988,912 **	6716,405 **
E*F	2	296,45 *	3,450 **	514,935 **	598,926 **	284,666 **
Error	12	45,24	0,267	21,618	24,791	34,127
CV (%)		15,24	23,33	30,07	28,17	7,15
Promedio		44,15 cm	2,21 g	15,46 g	17,67 g	81,69

ns: no significativo; *: significativo al 0,05; **: significativo al 0,01

Altura de planta

Analizando el efecto del fertilizante inorgánico, Tabla 3, se aprecia que en ausencia de estiércol (0 g), las plantas con fertilizante alcanzaron una mayor altura (42,30 cm) que aquellas sin fertilizante (38,93 cm), lo que confirma la capacidad del fertilizante de promover el crecimiento en altura. Con 280 g y 560 g de estiércol, el fertilizante también incrementó significativamente la altura de las plantas, alcanzando 56,50 cm y 56,80 cm respectivamente, en comparación con las plantas sin fertilizante.

Analizando el efecto del estiércol, se aprecia que el aumento en las dosis de estiércol (280 y 560 g) no generó un incremento significativo en la

altura, mostrando valores similares (33,73 y 36,63 cm). Esto indica que el estiércol por sí solo no es suficiente para maximizar el crecimiento inicial de la planta.

Con fertilizante, el estiércol tuvo un efecto sinérgico, logrando las mayores alturas con las dosis de 280 y 560 g (56,50 y 56,80 cm, respectivamente), lo que demuestra que la combinación de estiércol y fertilizante es más efectiva para aumentar la altura de planta. Estos resultados coinciden con los reportados por Han et al. (2016) y Lee et al. (2023), los que evidenciaron que la mezcla de estiércol vacuno y fertilizantes inorgánicos favorecieron el crecimiento de las plantas.

Tabla 3

Interacción entre estiércol de vacuno y fertilizante para altura de planta en el crecimiento inicial del ají páprika.

Fertilizante	g de estiércol		
	0	280	560
Sin	38,93 Aa	33,73 Ba	36,63 Ba
Con	42,30 Ab	56,50 Aa	56,80 Aa

Medias con la misma letra mayúscula en columna y minúscula en fila, no difieren entre sí por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Producción de materia seca por planta

Los resultados que se presentan en las Tablas 4, 5 y 6 indican que la aplicación conjunta de estiércol de vacuno y sulfato de amonio incrementan significativamente la producción de materia seca en el ají páprika. Estos resultados reflejan la importancia de combinar estiércol y fertilizantes químicos para maximizar el desarrollo y la biomasa de las plantas. Investigaciones previas confirman que esta combinación mejora la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, lo que favorece el crecimiento vegetal y la actividad biológica del suelo. Así, Lee et al. (2023) reportaron que la integración de fertilizantes orgánicos y químicos optimiza

significativamente el desarrollo de las plantas y las propiedades del suelo. El aumento en el peso seco total, en combinación con fertilizante químico, resalta la interacción positiva entre estos insumos. Adhikari et al. (2016) observaron beneficios similares en cultivos hortícolas, donde la combinación de estiércol y fertilizantes químicos mejor tanto el rendimiento como la biomasa vegetal. De igual forma, González-Salas et al. (2021) observaron que la combinación de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas, junto con biofertilizantes, mejor el rendimiento y la calidad de frutos en cultivos de melón. La sinergia entre fertilizantes orgánicos e inorgánicos puede atribuirse a la mejora en la disponibilidad de nutrientes y en las propiedades físicas del suelo.

Tabla 4

Interacción entre estiércol de vacuno y fertilizante para peso seco de raíces (g) en el crecimiento inicial del ají páprika.

Fertilizante	g de estiércol		
	0	280	560
Sin	1,43 Aa	0,64 Ba	1,34 Ba
Con	1,87 Ab	3,97 Aa	4,03 Aa

Medias con la misma letra mayúscula en columna y minúscula en fila, no difieren entre sí por la prueba de Tukey al nivel del 5% de probabilidad.

Tabla 5

Interacción entre estiércol de vacuno y fertilizante para peso seco de tallo (g) en el crecimiento inicial del ají páprika.

Fertilizante	g de estiércol		
	0	280	560
Sin	8,26 Aa	3,53 Ba	6,28 Ba
Con	5,82 Ab	31,42 Aa	37,44 Aa

Medias con la misma letra mayúscula en columna y minúscula en fila, no difieren entre sí por la prueba de Tukey al nivel del 5% de probabilidad.

Tabla 6

Interacción entre estiércol de vacuno y fertilizante para peso seco total (g) en el crecimiento inicial del ají páprika.

Fertilizante	g de estiércol		
	0	280	560
Sin	9,69 Aa	4,17 Ba	7,62 Ba
Con	7,69 Ab	35,39 Aa	41,47 Aa

Medias con la misma letra mayúscula en columna y minúscula en fila, no difieren entre sí por la prueba de Tukey al nivel del 5% de probabilidad.

Contenido de clorofila

La interacción entre el estiércol y el fertilizante químico, Tabla 7, muestra un efecto sinérgico significativo en el contenido de clorofila total, un indicador clave del estado nutricional y la eficiencia fotosintética de las plantas. Esto se debe a que ambos insumos complementan la disponibilidad de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fundamental para la síntesis de clorofila. Estudios previos, como los de Adhikari et al. (2016) y Lee et al. (2023) respaldan esta observación, destacando que la combinación de fertilizantes orgánicos y químicos mejora la

fotosíntesis y otros procesos fisiológicos esenciales en los cultivos.

Adicionalmente, Liu et al. (2010) enfatizan que el estiércol no solo enriquece el suelo con materia orgánica, sino que también mejora la absorción de nutrientes cuando se combina con fertilizantes químicos, optimizando así el desarrollo y el rendimiento de las plantas. Por lo tanto, el uso combinado de estos insumos representa una estrategia efectiva para maximizar el crecimiento y la salud de las plantas de ají páprika.

Tabla 7

Interacción entre estiércol de vacuno y fertilizante para clorofila total (unidades) en el crecimiento inicial del ají páprika

Fertilizante	g de estiércol		
	0	280	560
Sin	61,86 Aa	65,2 Ba	60,06 Ba
Con	87,83 Ab	101,83 Aa	113,36 Aa

Medias con la misma letra mayúscula en columna y minúscula en fila, no difieren entre sí por la prueba de Tukey al nivel del 5% de probabilidad.

La integración de fertilizante nitrogenado con estiércol de vacuno proporciona múltiples beneficios tanto para los cultivos como para el suelo. Esta combinación mejora la eficiencia en el uso del nitrógeno al ofrecer una liberación gradual de nutrientes, lo que resulta en un mayor rendimiento de biomasa y grano, al tiempo que minimiza las pérdidas por lixiviación. Además, la sinergia entre ambos insumos potencia las propiedades químicas y biológicas del suelo, favoreciendo la absorción de nutrientes y la eficiencia fotosintética, mientras que también mejora la estructura del suelo, incrementando la materia orgánica y la capacidad de retención de agua (Paredes y Guzmán, 2024). Desde un enfoque sostenible, esta práctica no solo aumenta los rendimientos, sino que también reduce la dependencia de fertilizantes químicos, promoviendo un manejo agrícola más económico

y menos impactante para el medio ambiente. Diversos estudios, como los de Iqbal et al. (2020) y Wang et al. (2023), han demostrado que este enfoque integral maximiza el desarrollo de las plantas y la sostenibilidad a largo plazo del suelo, lo que lo convierte en una estrategia clave en la agricultura moderna.

Conclusión

La adición del fertilizante inorgánico al estiércol de vacuno influye de manera positiva al incrementar la altura de planta, la biomasa y el contenido de clorofila en el ají páprika. Estos resultados respaldan la implementación de prácticas de fertilización integradas que combinan fuentes orgánicas e inorgánicas para optimizar el crecimiento y rendimiento de los cultivos de manera sostenible.

Referencias

- Adhikari, P., Khanal, A., & Subedi, R. (2016). Effect of Different Sources of Organic Manure on Growth and Yield of Sweet Pepper. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 3(5), 158-161. <https://doi.org/10.15406/APAR.2016.03.00111>
- Akhtar, K., Wang, W., Ren, G., Khan, A., Feng, Y., Yang, G., & Wang, H. (2020). Integrated use of straw mulch with nitrogen fertilizer improves soil functionality and soybean production. *Environment International*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105092>
- Ferreira, D.F. (2014). Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência agrotecnica*, 38(2), 109-112. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- Ghazali, M., Mutalib, S., & Abdullah, A. (2016). Effect of cow manure and empty fruit bunches application treated with different fertilizers on growth and yield of chili (*Capsicum annum*). *AIP Conference proceedings*, 1784(1). <https://doi.org/10.1063/1.4966780>
- González-Salas, U., Gallegos-Robles, M. Á., Preciado-Rangel, P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Hernández, M. G., García-Hernández, J. L., & Guzmán-Silos, T. L. (2021). Efecto de fuentes de nutrición orgánicas e inorgánicas mezcladas con biofertilizantes en la producción y calidad de frutos de melón. *Terra Latinoamericana*, 39, e904. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.904>
- Han, S., An, J., Hwang, J., Kim, S., & Park, B. (2016). The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology*, 12, 137-143. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1135827>
- Iledun, Ch., y Jerimiah, O. (2020). Comparative effect of P source (Cow dung and Poultry Manure) on the growth, Development and Yield of Chili Pepper (*Capsicum frutescens*) in Kogi State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Biological Sciences*. https://www.researchgate.net/publication/344014599_Comparative_effect_of_P_source_Cow_dung_and_Poultry_Manure_on_the_growth_Development_and_Yield_of_Chili_Pepper_Capsicum_frutescens_in_Kogi_State_Nigeria/link/5f4dfc48299bf13c5074654f/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmtpY2F0aW9uIiwicGFuZSI6InB1YmtpY2F0aW9uIn19
- Iqbal, A., He, L., Ali, I., Ullah, S., Khan, A., Khan, A., Akhtar, K., Wei, S., Zhao, Q., Zhang, J., & Jiang, L. (2020). Manure combined with chemical fertilizer increases rice productivity by improving soil health, post-anthesis biomass yield, and nitrogen metabolism. *PLoS ONE*, 15(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238934>
- Lee, J., Jo, N., Shim, S., Linh, L., Kim, S., Lee, M., & Hwang, S. (2023). Effects of Hanwoo (Korean cattle) manure as organic fertilizer on plant growth, feed quality, and soil bacterial community. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1135947>
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., & Fan, T. (2010). Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. *Geoderma*, 158, 173-180. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2010.04.029>
- Martínez, C. (2017). *Producción orgánica del ají páprika en el eje sur oriental de Arequipa y Moquegua*. Recuperado de <https://louvaincooperation.org/sites/default/files/2019-10/79-Produccion%20organica%20del%20aji%20paprka%20.pdf>
- Paredes, A. V., & Guzmán, Z. R. (2024). Revisión bibliográfica del efecto de la adición de estiércol bovino en la producción agrícola. *Conciencia Digital*, 7(4), 87-102. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i4.3236>
- Ribeiro, J. V. S., Semensato, L. R., & Vendruscolo, E. P. (2020). Increasing doses of cattle manure for organic chili pepper production. *Revista de Agricultura*

- Neotropical*, 7(3), 109–112.
<https://doi.org/10.32404/rean.v7i3.5158>
- Roba, T. (2018). Review on: The Effect of Mixing Organic and Inorganic Fertilizer on Productivity and Soil Fertility. *Open Access Library Journal*, 5(6), 1–11.
<https://doi.org/10.4236/oalib.1104618>
- Silva, R., Dias, T., Dias, B., Silva, T., Alves, J., Silva, R., Bezerra, A., Silva, J., Nascimento, M., Lopes, A., Silva, A., y Nascimento, R. (2024). Cattle manure and humic substances stimulate morphophysiological and nutritional processes in pepper plants. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 28(4).
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/36HJWghXnKKB6YMrRFydTsM/?lang=en&format=pdf>
- Trejo-Escareño, H. I., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D., & Vázquez-Vázquez, C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 727–738.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000500006&lng=es&tlng=es
- Wang, X., Tian, L., & Xu, L. (2023). Effects of Manure-Based Nitrogen Substitution for Chemical Nitrogen Fertilizers on Economic Benefits and Water-Use Efficiency of Maize. *Agronomy*.
<https://doi.org/10.3390/agronomy13123031>
- Zhang, X., Fang, Q., Zhang, T., Ma, W., Velthof, G. L., Hou Y., Oenema, O., & Zhang, F. (2020). Benefits and trade-offs of replacing synthetic fertilizers by animal manures in crop production in China: A meta-analysis. *Global change biology* 26(2):888–900.
<https://doi.org/10.1111/gcb.14826>