

Uso de peróxido de hidrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Luis Felipe Juárez Santillán

luis.santillan@utgz.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7428-9693>

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora
Gutiérrez Zamora. México

Susana Astrid López García

susana.lopez@itsna.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6936-2590>

Tecnológico Nacional de México/ITS de Naranjos
Naranjos-Amatlán. México

Heriberto Esteban Benito

h_esteban08@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3656-4193>

CIEMAD-Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

RESUMEN

Para la población mexicana el maíz (*Zea mays* L.) tiene una gran importancia económica, social y cultural, por ello es importante implementar estrategias para producir maíz libre de agroquímicos persistentes y tóxicos para el medio ambiente. En el presente trabajo, se evaluó el uso del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) como alternativa para potenciar el desarrollo de la plántula de maíz. Para el estudio se utilizaron dos concentraciones de 0.21%, 3% v/v de H_2O_2 , respectivamente y una dosis de control, el estudio de los parámetros de tamaño de la planta, raíz, número de hojas, diámetro del tallo y contenido de clorofila se registraron por triplicado. Los resultados obtenidos mostraron que con una concentración de 0.3% favorece el desarrollo del tamaño de raíz, el número de hojas y el contenido de clorofila, mientras que a una concentración de 0.21% solo se observó un engrosamiento en el tallo de la plántula. El uso del H_2O_2 en una buena alternativa para el desarrollo del cultivo de maíz y representa una alternativa que podría evitar el uso de agroquímicos en los cultivos.

Palabras clave: agroquímicos; cultivo; H_2O_2

Correspondencia: luis.santillan@utgz.edu.mx

Artículo recibido 28 enero 2023 Aceptado para publicación: 28 febrero 2023

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Cómo citar: Juárez Santillán, L. F., López García, S. A., & Benito, H. E. (2023). Uso de peróxido de hidrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9452-9461.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5151

Use of hydrogen peroxide in the cultivation of corn (*Zea mays* L.)

ABSTRACT

For the Mexican population the maize (*Zea mays* L.) has great economic, social and cultural importance, therefore it is important to implement strategies to produce maize free of persistent and toxic agrochemicals for the environment. In the present work, the use of hydrogen peroxide (H_2O_2) was evaluated as an alternative to increase the development of the corn seedling. For the study, two concentrations of 0.21%, 3% v/v of H_2O_2 , respectively, and a control dose were used, the study of the parameters of plant size, root, number of leaves, stem diameter and chlorophyll content were registered in triplicate. The results obtained showed that with a concentration of 0.3% it favors the development of root size, the number of leaves and the chlorophyll content, while at a concentration of 0.21% only a thickening was observed in the stem of the seedling. The use of H_2O_2 is a good alternative for the development of corn cultivation and represents an alternative that could avoid the use of agrochemicals in crops.

Keywords: *agrochemicals; crop; H_2O_2*

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales cereales presentes en la alimentación de los mexicanos y representa una gran importancia social y cultural a lo largo del territorio nacional, por ello la importancia de aumentar su producción libre de agroquímicos. Los cambios climáticos y desastres naturales aunados al uso excesivo de agroquímicos ponen en riesgo a la agricultura en general, especialmente el cultivo de maíz que tiene una herencia milenaria de los pueblos mesoamericanos. El cultivo de maíz ha evolucionado a lo largo de la historia adaptándose a los constantes cambios climáticos y a las nuevas tecnologías de cultivo rápido, donde se hace uso desmedido de los agroquímicos para aumentar la producción. Las técnicas mecánicas rudimentarias empleadas para incrementar la oxigenación en suelos de cultivo muestran buenos resultados en el desarrollo de los sembradíos, pero provoca efectos de compactación en el suelo. Sin embargo, se han reportan estudios del uso de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), como fuente de oxigenación en el suelo y favorecer el funcionamiento fisiológico de la raíz (Uchida et al., 2002). Bhattarai, Huber, & Midmore, (2004), Gil et al., (2009), Liu et al., (2022) reportaron el uso del H_2O_2 en suelos arcillosos, salinos y sin labranza para incrementar el oxígeno en este tipo de suelo, esto debido a que el H_2O_2 es una especie reactiva del oxígeno la cual desempeña varias funciones cruciales tales como; molécula de señalización procesos fisiológicos y bioquímicos, como el cierre estomático (An, Jing, Liu, & Zhang, 2008, Liu et al., 2022, Bright et al., 2006), en gravitropismo de las raíces (Joo, Bae, & Lee, 2001), en desarrollo de las raíces laterales (Su, Zhang, & Liu, 2006, Salcedo et al., 2017), en la muerte celular programada y en las interacciones del desarrollo del polen (De Azevedo et al., 2005; Wahid et al., 2007) y funciones como molécula de señalización. Por otra parte, el H_2O_2 también se ha utilizado en la aplicación exógena para inducir la aclimatación de la planta al calor, frío, suelo salino y sequía de especies como; arroz (*Oryza sativa* L.) maíz (*Zea mays* L.) y soja (*Glycine max* L.) (Ishibashi et al., 2011; Uchida et al., 2002). También Li et al., 2009, reportaron que el H_2O_2 exógeno era capaz de promover la formación y el desarrollo de raíces adventicias en la judía mungo (*Mucuna pruriens* L.) y en plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.), aumentar la tasa de germinación de las semillas de guisante (*Pisum sativum* L.) (Barba-Espin et al., 2010)

METODOLOGÍA

El experimento se realizó con dos concentraciones de H_2O_2 (Biopack al 30% v/v), a 0.21% y 0.3%, respectivamente. Durante 15 días después de la germinación del grano de maíz Asgrow 75-73 se realizaron mediciones por triplicado de los parámetros de altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, tamaño de raíz y contenido de clorofila (Ruiz et al., 2019). Finalmente, los datos fueron analizados por ANOVA de un factor, prueba de TUKEY, correlación de Pearson y análisis factorial utilizando el programa SPSS, versión 26.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 y 2 resume los registros obtenidos del número de hojas (NH), altura de planta (H), diámetro de tallo (DT), tamaño de raíz (R) y contenido de clorofila del desarrollo de la plántula de maíz. En las primeras etapas del desarrollo de la planta no se observó variabilidad en el parámetro NH al aplicar los tres tratamientos. Sin embargo, se registró una variación significativa en los parámetros H, R y contenido de clorofila, que fueron favorecidas aquellas muestras tratadas con 0.30% de H_2O_2 . Por otro lado, el parámetro DT se incrementó con el uso de una concentración de 0.21% de H_2O_2 .

Tabla 1. Número de hojas y altura de planta

H_2O_2	NH1	NH2	NH3	NH4	H1	H2	H3	H4
	cm							
0.21%	3.00 ± 0.00 ^{a*}	4.50 ± 0.70 ^a	6.50 ± 0.26 ^a	9.50 ± 0.42 ^a	25.45 ± 0.64 ^a	46.50 ± 0.71 ^b	36.50 ± 2.12 ^a	189.00 ± 1.41 ^b
0.30%	3.00 ± 0.00 ^a	4.50 ± 0.28 ^a	6.50 ± 0.32 ^a	12.50 ± 0.47 ^b	18.40 ± 0.14 ^a	63.50 ± 0.61 ^c	49.50 ± 0.71 ^a	229.50 ± 0.71 ^c
C	3.00 ± 0.00 ^a	4.50 ± 0.23 ^a	7.50 ± 0.42 ^a	9.50 ± 0.23 ^a	14.35 ± 0.68 ^a	43.50 ± 0.42 ^a	56.00 ± 1.41 ^b	128.00 ± 2.83 ^a

C = Muestra control, NH = Número de hojas; 1, 2, 3, 4 = Número de muestreo, * = misma letra en una columna indica que no hay diferencia significativa.

Tabla 2. Diámetro de tallo, tamaño de raíz y contenido de clorofila

H_2O_2	DT1	DT2	DT3	DT4	R1	R2	R3	R4	Clorofila
		cm							mg/kg PF
0.21%	0.31 ± 0.01 ^a	0.59 ± 0.01 ^a	2.05 ± 0.07 ^c	2.15 ± 0.07 ^b	12.90 ± 0.14 ^a	18.75 ± 0.35 ^a	18.75 ± 0.50 ^b	20.50 ± 0.71 ^b	43.07 ± 0.09 ^b
0.30%	0.31 ± 0.01 ^a	1.48 ± 0.04 ^b	1.65 ± 0.06 ^b	1.89 ± 0.01 ^a	12.75 ± 0.35 ^a	31.50 ± 0.71 ^b	29.50 ± 0.60 ^c	27.50 ± 0.70 ^c	115.60 ± 0.00 ^c
C	0.28 ± 0.04 ^a	0.58 ± 0.04 ^a	1.15 ± 0.07 ^a	1.65 ± 0.07 ^a	12.90 ± 0.14 ^a	18.75 ± 0.35 ^a	13.75 ± 0.30 ^a	15.75 ± 0.35 ^a	16.44 ± 0.17 ^a

R = Tamaño de la raíz, DT = Diámetro de tallo; 1, 2, 3, 4 = Número de muestreo, PF = Peso fresco, * = misma letra en una columna indica que no hay diferencia significativa.

En la tabla 3, se muestra la correlación de Pearson. La correlaciones significativas y positivas entre R, NH, DT y contenido de clorofila. Si la raíz asimila correctamente los nutrientes, esto conlleva a un buen desarrollo de tallo y hoja y por consiguientes un alto contenido de clorofila, dando la coloración verde intenso a las hojas de la planta de maíz.

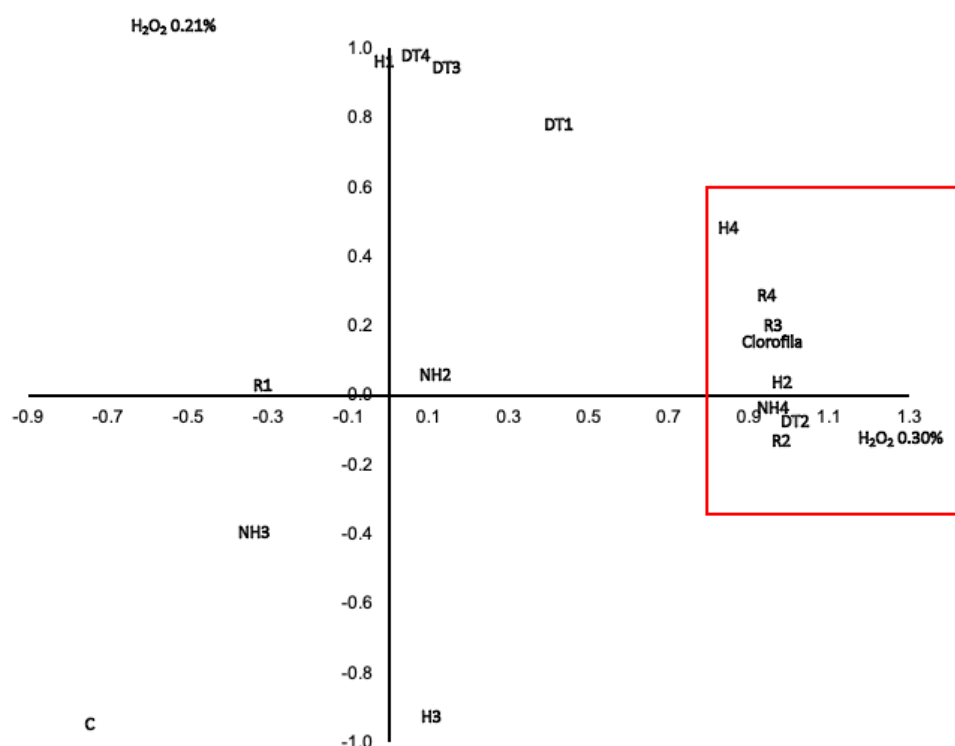
Tabla 3. Correlación de Pearson

	NH2	NH3	NH4	H1	H2	H3	H4	DT1	DT2	DT3	DT4	R1	R2	R3	R4	Cl
NH2	1.00															
NH3	0.24	1.00														
NH4	0.11	-0.08	1.00													
H1	0.33	-0.22	-0.02	1.00												
H2	0.06	-0.41	0.94**	0.01	1.00											
H3	0.12	0.57	0.20	-0.80	0.06	1.00										
H4	0.03	-0.61	0.76	0.41	0.88*	-0.43	1.00									
DT1	0.07	-0.22	0.45	0.77	0.44	-0.52	0.66	1.00								
DT2	0.05	-0.35	0.94**	-0.10	0.99**	0.18	0.81	0.37	1.00							
DT3	0.04	-0.64	0.04	0.86*	0.20	-0.95**	0.64	0.67	0.08	1.00						
DT4	0.02	-0.59	-0.03	0.89*	0.11	-0.96**	0.57	0.70	-0.00	0.99*	1.00					
R1	0.83*	0.07	-0.40	0.24	-0.34	0.01	-0.30	-0.22	-0.35	0.04	0.03	1.00				
R2	0.06	-0.34	0.94**	-0.12	0.99**	0.19	0.80	0.35	1.00**	0.07	-0.02	-0.34	1.00			
R3	0.05	-0.51	0.90*	0.15	0.98**	-0.12	0.95**	0.52	0.96**	0.37	0.28	-0.32	0.95**	1.00		
R4	0.09	-0.54	0.87*	0.24	0.96**	-0.21	0.97**	0.56	0.92**	0.46	0.37	-0.28	0.92*	0.99**	1.00	
Cl	0.00	-0.48	0.91*	0.09	0.99**	-0.07	0.93**	0.50	0.97**	0.32	0.23	-0.38	0.96**	1.00**	0.99**	1.00
*Correlación significativa al 0.05																
**Correlación significativa al 0.01.																

R= Tamaño de raíz, NH = Número de hojas, DT = Diámetro de tallo; 1, 2, 3, 4 = Número de muestreo.

En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos de comparar el factor 1 y el factor 2 del análisis factorial procesado en el software SPSS, el cual permitió explicar el 80% de la varianza. El parámetro DT de la planta se ve favorecido con una concentración de 0.21% de H₂O₂, conforme se aumenta la concentración del agente se observó un mayor desarrollo en raíz, hoja y contenido de clorofila. Por lo tanto, se recomienda hacer uso alternada de ambas concentraciones de peróxido de hidrógeno para el buen desarrollo del cultivo de maíz.

Figura 1. Análisis factorial (F1 VS F2, 80.52 % de la varianza explicada)



R= Tamaño de raíz, NH = Número de hojas, DT = Diámetro de tallo; 1, 2, 3, 4 = Número de muestreo.

El H_2O_2 es el factor clave en muchos procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas (Hu et al., 2023). Durante la germinación de semillas, la aplicación exógena de H_2O_2 influye en el gravitropismo e induce la curvatura de la raíz primaria en guisantes y plántulas de guisantes (Zhou et al., 2018). Esta característica ha provocado gran interés en el campo de la biología ya que al ser una especie redox, a concentraciones elevadas induce daño oxidativo a las biomoléculas provocando muerte celular. Sin embargo, a baja concentraciones en el rango de los nanomoles actúa como una molécula de señalización y en muchos aspectos se parece a las fitohormonas, las cuales al conectar con las vías de señalización de múltiples fitohormonas actúan como un segundo mensajero a las respuestas de diversas condiciones que modulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, se observó que en el tallo de las plantas de maíz no presentaban el mismo desarrollo en las condiciones controladas y evaluadas, por lo cual se confirma la importancia de modular la dosis en función de las etapas del desarrollo de la planta. Su efecto dosis-dependiente sobre el crecimiento indica claramente que H_2O_2 es un regulador del crecimiento, lo cual concuerda con lo reportado por Černý et al., (2013), en

su estudio sobre comunicación molecular en plantas. También se ha reportado que el H_2O_2 aumenta la tasa máxima de carboxilación de Rubisco (V_{cmax}) y la actividad inicial de Rubisco (Khan et al., 2016) que conlleva a un mejor desarrollo de la planta de maíz e incremento en el contenido de la clorofila (ver tabla 2), debido a la activación del Rubisco (Jiang et al., 2012; Nik Muhammad Nasir et al., 2021).

CONCLUSIONES

El peróxido de hidrógeno es un agente que favorece el desarrollo en las plántulas de maíz, pero a una concentración elevada resulta ineficiente ya que provoca la muerte celular en el cultivo. Se demostró que el uso de este producto en las diferentes etapas del crecimiento de la planta de maíz favorece el desarrollo de raíz y hojas, por lo tanto, también el contenido de clorofila, derivado a que es un buen activador de rutas metabólicas. Además, es un reactivo inocuo para el medio ambiente, por lo cual sería una buena alternativa en lugar del uso de agroquímicos que promueven el crecimiento acelerado de los cultivos.

LISTA DE REFERENCIAS

- An, Z., Jing, W., Liu, Y., & Zhang, W. (2008). Hydrogen peroxide generated by copper amine oxidase is involved in abscisic acid-induced stomatal closure in *Vicia faba*. *Journal of Experimental Botany*, 59(4), 815–825. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm370>
- Barba-Espin, G., Diaz-Vivancos, P., Clemente-Moreno, M. J., Albacete, A., Faize, L., Faize, M., ... Hernández, J. A. (2010). Interaction between hydrogen peroxide and plant hormones during germination and the early growth of pea seedlings. *Plant, Cell & Environment*, 33(6), 981–994. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02120.x>
- Bhattarai, S. P., Huber, S., & Midmore, D. J. (2004). Aerated subsurface irrigation water gives growth and yield benefits to zucchini, vegetable soybean and cotton in heavy clay soils. *Annals of Applied Biology*, 144(3), 285–298. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00344.x>
- Bright, J., Desikan, R., Hancock, J. T., Weir, I. S., & Neill, S. J. (2006). ABA-induced NO generation and stomatal closure in *Arabidopsis* are dependent on H_2O_2 synthesis. *Plant Journal*, 45(1), 113–122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2005.02615.x>
- Černý, M., Kuklová, A., Hoehenwarter, W., Fragner, L., Novák, O., Rotková, G., ... Brzobohatý, B. (2013). Proteome and metabolome profiling of cytokinin action in

- Arabidopsis identifying both distinct and similar responses to cytokinin down- and up-regulation. *Journal of Experimental Botany*, 64(14), 4193–4206. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert227>
- De Azevedo Neto, A. D., Tarquinio Prisco, J., Enéas Filho, J., Rolim Medeiros, Jand Venes, & Gomes-Filho, E. (2005). Hydrogen peroxide pre-treatment induces salt-stress acclimation in maize plants. *Journal of Plant Physiology*, 162(10), 1114–1122. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.01.007>
- Gil M, P. M., Ferreyra E, R., Barrera M, C., Zúñiga E, C., & Gurovich R, L. (2009). Effect of Injecting Hydrogen Peroxide into Heavy Clay Loam Soil on Plant Water Status, NET CO₂ Assimilation, Biomass, and Vascular Anatomy of Avocado Trees. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(1), 97–106. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392009000100012>
- Hu, J., Yan, C., Li, S., Tang, H., & Chen, Y. (2023). Comparative physiological responses and transcriptome analysis revealing the metabolic regulatory mechanism of *Prunella vulgaris* L. induced by exogenous application of hydrogen peroxide. *Industrial Crops and Products*, 192, 116065. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.116065>
- Ishibashi, Y., Yamaguchi, H., Yuasa, T., Iwaya-Inoue, M., Arima, S., & Zheng, S. H. (2011). Hydrogen peroxide spraying alleviates drought stress in soybean plants. *Journal of Plant Physiology*, 168(13), 1562–1567. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2011.02.003>
- Jiang, Y. P., Cheng, F., Zhou, Y. H., Xia, X. J., Mao, W. H., Shi, K., ... Yu, J. Q. (2012). Hydrogen peroxide functions as a secondary messenger for brassinosteroids-induced CO₂ assimilation and carbohydrate metabolism in *Cucumis sativus*. *Journal of Zhejiang University: Science B*, 13(10), 811–823. <https://doi.org/10.1631/jzus.B1200130>
- Joo, J. H., Bae, Y. S., & Lee, J. S. (2001). Role of auxin-induced reactive oxygen species in root gravitropism. *Plant Physiology*, 126(3), 1055–1060. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11457956> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC116462>
- Khan, M. I. R., Khan, N. A., Masood, A., Per, T. S., & Asgher, M. (2016). Hydrogen peroxide alleviates nickel-inhibited photosynthetic responses through increase in use-efficiency of nitrogen and sulfur, and glutathione production in mustard. *Frontiers in Plant Science*, 7(FEB2016), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00044>
- Li, S. W., Xue, L., Xu, S., Feng, H., & An, L. (2009). Hydrogen peroxide acts as a signal

- molecule in the adventitious root formation of mung bean seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 65(1), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.06.004>
- Liu, L., Sun, Y., Zhang, M., Liu, R., Wu, X., Chen, Y., & Yuan, J. (2022). ZmBSK1 positively regulates BR-induced H₂O₂ production via NADPH oxidase and functions in oxidative stress tolerance in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, 185(June), 325–335. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.06.011>
- Nik Muhammad Nasir, N. N., Khandaker, M. M., Mohd, K. S., Badaluddin, N. A., Osman, N., & Mat, N. (2021). Effect of Hydrogen Peroxide on Plant Growth, Photosynthesis, Leaf Histology and Rubisco Gene Expression of the *Ficus deltoidea* Jack Var. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(5), 1950–1971. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10243-9>
- Ruiz Santiago, F. L., J.A., R. V., Hernández Becerra, J. A., & García Jiménez, R., Valdez Villareal, A. (2019). Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. *Universidad Tecnológica de Tabasco, División de Procesos Industriales, Carretera Villahermosa-Teapa*, 4, 891–896. Retrieved from <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/126.pdf>
- Salcedo-Morales, G., Trejo-Espino, J. L., Martínez-Bonfil, B. P., Cruz-Sosa, F., & Trejo-Tapia, G. (2017). Formación de raíces e inducción de haustorios de *Castilleja tenuiflora* Benth. con catequina y peróxido de hidrógeno. Root formation and haustoria induction of *Castilleja tenuiflora* Benth. with catechin and hydrogen peroxide. *Polibotánica*, 0(44), 147–156. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.44.11>
- Su, G. X., Zhang, W. H., & Liu, Y. L. (2006). Involvement of hydrogen peroxide generated by polyamine oxidative degradation in the development of lateral roots in soybean. *Journal of Integrative Plant Biology*, 48(4), 426–432. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2006.00236.x>
- Uchida, A., Jagendorf, A. T., Hibino, T., Takabe, T., & Takabe, T. (2002). Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*, 163(3), 515–523. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00159-0](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00159-0)
- Wahid, A., Perveen, M., Gelani, S., & Basra, S. M. A. (2007). Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage

and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology*, 164(3), 283–294. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.01.005>

Zhou, L., Hou, H., Yang, T., Lian, Y., Sun, Y., Bian, Z., & Wang, C. (2018). Exogenous hydrogen peroxide inhibits primary root gravitropism by regulating auxin distribution during Arabidopsis seed germination. *Plant Physiology and Biochemistry*, 128(May), 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.05.014>