



Determinación del tiempo de inundación del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) cultivado en suelo Ferralítico Rojo

Determination of flooding time of corn (*Zea mays* L.) cultivated in Ferrallitic Red soil

Yanquiel E. Alfonso-Perdomo^{1*}, Reinaldo Cun-González², Gloria M. Martín-Alonso¹

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700.

²Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, carretera Fontanar, km 2½, Reparto "Abel Santa María", Boyeros, Cuba, CP 10800.

RESUMEN: Conocer el tiempo de inundación de los cultivos revela el tiempo que soporta la planta sometida a aniego, sin que sufra afectaciones en su rendimiento. El trabajo se desarrolló en la Unidad Científico Técnica de Base "Pulido", ubicada en el municipio Alquizar, provincia Artemisa, con el objetivo de determinar el tiempo de inundación en el cultivo del maíz. Se utilizó la variedad Tuzón y los procesos de inundación se llevaron a cabo en la fase de floración del cultivo. La siembra se realizó en macetas, con un suelo Ferralítico Rojo. El diseño experimental aplicado fue de Bloques al azar, los tratamientos consistieron en inundar las macetas durante 24, 48, 96 y 144 horas con un testigo sin inundar. Los resultados revelaron que, desde el comienzo de la inundación, ocurrió una reducción en la producción relativa de granos de 0,31 % por cada hora de inundación y se alcanzó una pérdida de 50 %, aproximadamente, con 70 horas de exceso de humedad. Las plantas presentaron pérdidas en el peso de las mazorcas, de los granos y una disminución en la longitud de la mazorca, cuando fueron sometidas a la inundación desde 24 horas hasta 144 horas. El cultivo del maíz muestra un umbral mínimo (0,0), por lo que la reducción en el rendimiento y sus componentes se registró inmediatamente al comenzar la inundación.

Palabras clave: rendimiento, floración, humedad del suelo, granos.

ABSTRACT: Knowing flooding time of crops reveals the time that the plant can withstand waterlogging without suffering any effect on its yield. The work was developed in the "Pulido" Scientific and Technical Base Unit, located in Alquizar municipality, Artemisa province, with the aim of determining the time of flooding in the corn crop. Tuzón variety was used and flooding processes were carried out during the flowering stage of the crop. Planting was carried out in pots, with a Ferrallitic Red soil. The experimental design applied was a randomized block design, the treatments consisted of flooding the pots for 24, 48, 96 and 144 hours with a control without flooding. The results revealed that, from the flooding beginning, there was a reduction in relative grain yield of 0.31 % for each hour of flooding and a loss of approximately 50 % was reached with 70 hours of excess humidity. Plants showed losses in cob weight, kernel weight and a decrease in cob length when subjected to flooding from 24 hours to 144 hours. The maize crop showed a minimum threshold (0.0), so the reduction in yield and its components was recorded immediately at the onset of flooding.

Key words: yield, flowering, soil moisture, grains.

INTRODUCCIÓN

Los cambios climáticos y eventos naturales extremos de los últimos tiempos ponen en riesgo el desarrollo sostenible de la agricultura en el mundo. Existen factores que son la causa principal del exceso de humedad en los suelos (1):

las precipitaciones altas en el suelo; es decir, el agua que entra de forma natural a los campos de cultivo; el manejo inadecuado de la irrigación, ya que muchas veces el agua aplicada no es la que necesitan los campos de cultivo; la topografía desfavorable, como terrenos ondulantes o planos y, por último, un mal drenaje superficial e interno.

*Autor para correspondencia: yanquiel17@inca.edu.cu

Recibido: 18/06/2021

Aceptado: 26/08/2021

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



El estrés hídrico por inundación es un factor limitante en la producción de algunos cultivos como el maíz (*Zea mays* L.) (2), el cual es uno de los cereales de mayor relevancia desde el punto de vista social, económico y alimenticio a nivel mundial. En Cuba, alrededor del 42 % de la superficie agrícola se encuentra afectada por problemas de mal drenaje (3), lo cual, combinado con las intensas lluvias, conlleva a que los cultivos se vean afectados por inundaciones.

Los problemas se presentan cuando las inundaciones asfixian a los cultivos, ya que el aire es reemplazado por el agua en los poros del suelo. Esto impide toda posibilidad de provisión de oxígeno, lo que afecta, tanto la actividad biológica, como la estructura del suelo. Además, internamente reduce el volumen de suelo disponible para las raíces, afectando la aireación y el desarrollo radicular, por lo que se disminuye la capacidad de absorción de agua y nutrientes de la mayoría de las plantas (4).

Si el ápice de la planta se encuentra por encima de la superficie del agua, estas pueden sobrevivir a una inundación que dure entre algunos días y varias semanas; sin embargo, se producen reducciones de rendimiento, debido a efectos directos e indirectos (5). Entre los directos están la muerte de células radicales y la descomposición de las raíces, entre los indirectos están las infecciones de patógenos, las pérdidas de nitrógeno y la sensibilidad de la planta al estrés por exceso de humedad (5).

Conocer el tiempo de inundación de los diferentes cultivos es un factor importante a la hora de diseñar obras de drenaje superficial. Este revela el tiempo que soporta la planta sometida a inundación, sin que sufra afectaciones en su rendimiento. De ahí que se desarrolle la presente investigación, con el objetivo de determinar el tiempo de inundación en el cultivo del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental "Pulido", del Instituto de Ingeniería Agrícola, situado en el municipio Alquízar, provincia Artemisa, a los 22°45'N y los 82°27'O a 6 m sobre el nivel medio del mar.

Se utilizaron 20 recipientes de latón (considerados como macetas), con diámetro de 500 mm, altura 750 mm y volumen de 0,147 m³ a los que se les realizó una perforación con diámetro de 25 mm lateralmente, situado a 26 mm del fondo, por el cual se introdujo un tubo de PVC perforado con orificios de 5 mm, separados a 50 mm (Figura 1).

Los tubos se sellaron alrededor de la pared de contacto de la maceta para evitar pérdidas de agua. Se colocó otro tubo ranurado en el interior del recipiente perpendicular a

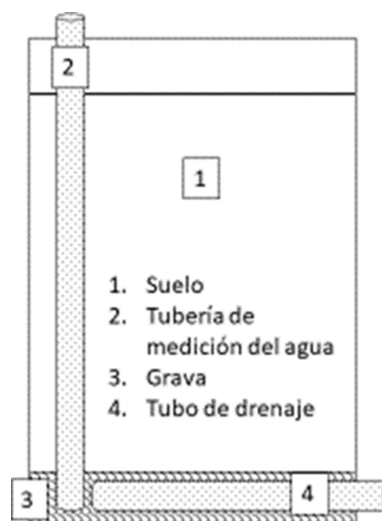


Figura 1. Esquema de las macetas donde se realizaron los experimentos.

la base, con una altura de 1128 mm, dejando 10 cm por encima de la superficie del suelo. Se colocó una capa de gravilla de 8 cm de altura como filtro para el drenaje y se rellenaron los recipientes con suelo Ferralítico Rojo de la estación experimental. A las macetas se les dejaron 10 cm libres, medidos desde el borde superior. La textura y otras propiedades físicas del suelo (6) se presentan en la [Tabla 1](#).

El cultivo utilizado fue el maíz, variedad Tuzón. Previo a la ejecución del experimento se determinó que las semillas tenían un 91 % de germinación. La siembra se realizó en enero del 2019, ubicando tres semillas en dos nidos separados a 250 mm por maceta. Se aplicó una dosis de fertilizante por maceta (fórmula completa) de 3,75 g de N, 225 g de P₂O₅ y 2,25 g de K₂O, fraccionada al 66 % en el momento de la siembra y el 33 % restante a los 30 días después de la germinación (7). Luego de la germinación se dejaron solo las plantas más saludables y a partir de la aparición de la segunda hoja, los tratamientos fueron regados cada dos días con una dosis de 5,59 L por maceta, hasta alcanzar el equivalente al 80 % de la capacidad de campo del suelo natural (medida con sonda electromagnética ML3) (8), para un total de 52 riegos y 290 L por maceta. La lluvia total fue de 199,8 mm durante el período de desarrollo del trabajo (enero-abril del 2019), distribuida en 14 eventos. La cosecha se realizó en abril 2019 (112 días).

Los tratamientos se aplicaron cuando las plantas alcanzaron alrededor del 80 % del estado de floración, lo que ocurrió 60 días después de la germinación, lo cual es un estado muy sensible para el cultivo (9).

Tabla 1. Análisis granulométrico y otras propiedades físicas del perfil del suelo Ferralítico Rojo.

Profundidad (cm)	Capacidad de Campo (cm ³ /cm ³)	Densidad del suelo (g/cm ³)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Porosidad (%)
0-20	0,394	1,18	57,4	21,7	20,9	53,7
20-40	0,431	1,28	61,8	20,5	17,7	49,2
40-60	0,397	1,20	62,8	14,3	28,9	51,6
60-80	0,396	1,20	61,4	18,3	20,3	51,6

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Testigo (0 Inundación)
2. (24 horas Inundación, 1 día)
3. (48 horas Inundación, 2 días)
4. (96 horas Inundación, 4 días)
5. (144 horas Inundación, 6 días)

Al momento de la inundación se colocó un tapón en el tubo de drenaje, el cual fue retirado una vez que se consiguió el tiempo de inundación previsto para cada tratamiento. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro réplicas.

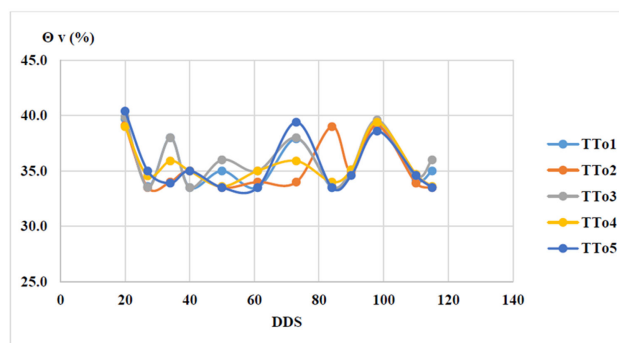
Se determinó el rendimiento y sus componentes (peso de las mazorcas, peso de 100 granos, peso de todos los granos), número de mazorcas por planta y cantidad de granos por mazorca, diámetro y longitud de las mazorcas. Además, se analizó la relación entre las horas de inundación y la producción relativa de granos frescos (3).

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza de clasificación doble, utilizando el software Statgraphics Plus 5. Las diferencias entre las medias de los tratamientos estudiados se determinaron según la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD con un 95 % de confiabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo en las macetas siempre se mantuvo por encima del 80 % de la capacidad de campo (Figura 2). Los valores de humedad volumétrica variaron entre 33,49 y 39,4 %, siendo estos adecuados para este tipo de suelo (6).

En la Tabla 2 se puede observar que después de aplicado el estrés por inundación en el momento de la evaluación, el mayor peso de las mazorcas se alcanzó en el tratamiento en que no se inundó, disminuyendo a medida en que aumentan las horas de inundación, revelando reducciones desde un 10 % (24 h), hasta un 39 % (144 h). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al diámetro de las mazorcas y el peso de 100 granos; sin embargo, la cantidad media de granos por mazorcas y la longitud de las mazorcas presentaron diferencias significativas a medida que aumentaron las horas de inundación. Resultados similares fueron obtenidos en los cultivos de maíz y girasol (10-12).



DDS: días después de sembrado, Θ v: humedad

Figura 2. Comportamiento de la humedad del suelo durante el ciclo del cultivo.

Al revisar el efecto del mal drenaje sobre la producción agrícola en Cuba, se ha señalado que las pérdidas de rendimiento en los principales cultivos agrícolas del país, producto del sobre humedecimiento de los suelos, podrían variar entre el 30 y el 80 %. Esto ocurre debido a que disminuye la aireación y, por lo tanto, la concentración de oxígeno, que puede llegar hasta un 2 % (13).

Los macro poros, donde normalmente existe aire, son ocupados por agua provocando un efecto directo sobre la respiración de las raíces e indirecto al modificar la acción microbiana (14,15). Además, esta deficiencia de oxígeno ocasiona que la planta cambie su metabolismo de respiración aeróbica a la vía de fermentación, como un mecanismo adaptativo, viéndose notablemente afectado el desarrollo de la misma.

La Figura 3 muestra una disminución de la producción de granos, a medida que aumentan las horas de inundación desde 24 h hasta 144 h en la fase de floración del cultivo, revelando una reducción de un 0,31 % por cada hora de inundación y se alcanza una pérdida de un 50 %, aproximadamente, con 70 horas de exceso de humedad, en este caso el cultivo muestra un umbral mínimo (tolerancia al sobre humedecimiento de los cultivos) de 0,0, por lo que la reducción en el rendimiento y sus componentes se registró inmediatamente al comenzar la inundación.

Al revisar la literatura internacional, el cultivo del maíz disminuye su rendimiento entre 9,2 y 11,3 % por cada día de sobre humedecimiento y alcanza una disminución del 50 % de su rendimiento potencial entre tres a cinco días de exceso de humedad en el suelo (3).

Tabla 2. Componentes del rendimiento según las horas de inundación (66 DDG).

Tratamientos	Peso de mazorcas (g)	Diámetro de mazorca (cm)	Mazorcas por planta	Longitud de las mazorcas (cm)	Media de granos por mazorca	Peso de 100 granos (g)
1. (0 horas)	195,97 a	4,50	1,75	18,31 a	279,00 a	30,29
2. (24 horas)	176,85 ab	4,35	1,65	17,59 ab	210,00 ab	27,55
3. (48 horas)	130,55 ab	4,28	1,62	15,59 ab	168,60 ab	26,13
4. (96 horas)	123,28 b	4,09	1,37	15,00 ab	123,16 b	26,90
5. (144 horas)	120,24 b	4,00	1,37	14,33 b	116,00 b	24,70
ES	9,96*	0,10 N.S.	0,08 N.S.	0,47*	23,02*	0,68 N.S.
CV (%)	25,82	10,57	25,42	13,17	49,71	9,82

* Medias con letras diferentes en la misma columna difieren según prueba de Tukey (0,05)

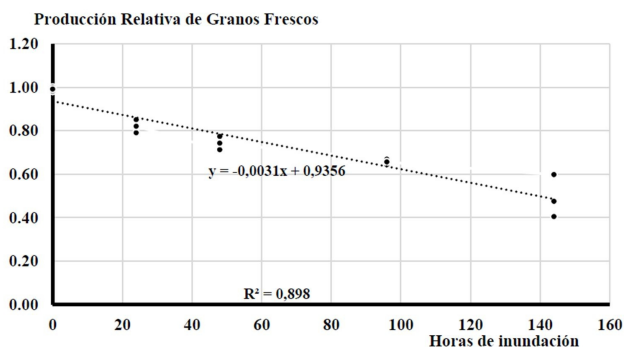


Figura 3. Relación entre las horas de inundación y la producción relativa de granos.

CONCLUSIONES

- Las plantas presentaron pérdidas en el peso de las mazorcas, longitud de la mazorca y media de granos por mazorca cuando fueron sometidas a inundación desde las 24 horas hasta las 144 horas en la fase de floración.
- En el suelo Ferralítico Rojo, la disminución en la producción del maíz se manifiesta desde las primeras 24 horas de inundación en la fase de floración del cultivo, el valor de umbral mínimo obtenido (0,0) indica que el tiempo de drenaje es 0,0.
- A medida que aumenta el tiempo de inundación en el suelo se produce una reducción en el rendimiento del maíz de un 0,31 % por cada hora y se alcanza una pérdida de un 50 %, aproximadamente con 70 horas de exceso de humedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Leyton Tello FM. La falta de información de los agricultores de chancay que genera un inadecuado uso y optimización del agua. Repositorio Institucional - USIL [Internet]. 2021 [cited 22/10/2021]; Available from: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/11259>
2. Shin S, Jung G-H, Kim S-G, Son B-Y, Kim SG, Lee JS, et al. Effect of prolonged waterlogging on growth and yield of characteristics of maize (*Zea mays* L.) at early vegetative stage. Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science [Internet]. 2017;37(4):271-6. <https://doi.org/10.5333/KGFS.2017.37.4.271>
3. Puebla JH. Efecto del exceso de humedad del suelo sobre el rendimiento en algunos cultivos de importancia agrícola en Cuba. Revista Ingeniería Agrícola [Internet]. 2018;6(2):3-7. Available from: <https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/download/811/844>
4. Caicedo-Camposano O, Cadena-Piedrahita D, Galarza-Centeno E, Solorzano-Galarza D. Permisibilidad del maíz (*Zea mays* L.) sometido a diferentes condiciones de inundación: Determinación del tiempo de drenaje en Babahoyo, Ecuador. Revista Científica y Tecnológica UPSE. 2019;6(2 Dicbre.):67-75.
5. Gomez LV, Herrera EDR, Bautista EHD, Arroyabe ML, Nuñez JAN, Suárez-Salazar JC. Comportamiento agronómico de maíz (*Zea mays* L.) cultivado bajo diferentes condiciones hídricas del suelo. Momentos de Ciencia. 2016;13(1).
6. Cid G, López T, González F, Herrera J, Ruiz ME. Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba. Revista Ingeniería Agrícola [Internet]. 2012;2(2):25-31. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262035005.pdf>
7. Agricultura (IICA) II de C para la, Salvador) M de A y G (El, Salvador) CN de TA y F (El, Cooperación AS para el D y la, Deras Flores H. Guía técnica: el cultivo de maíz. 2020 [cited 22/10/2021]; Available from: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
8. López-Seijas T, Ustariz A, Cisnero-Zayas E, Rodríguez-González A, Herrera-Puebla J, González-Robaina F. Calibración de sondas electromagnéticas para estudios de riego en diferentes zonas agrícolas. Revista Ingeniería Agrícola. 2018;8(3):31-9.
9. Cruz AA. Evaluación del rendimiento de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) bajo condiciones de riego por goteo y la fertilización nitrogenada. Aporte Santiaguino [Internet]. 2020;ág. 260-273. Available from: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/739
10. Cun-González R, Herrera-Puebla J. Efecto del sobre humedecimiento en el maíz para la proyección de sistemas de drenaje. Revista Ingeniería Agrícola [Internet]. 2018;8(2):68-73. Available from: <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/940>
11. Trujillo-Marín EE, Cun-González R, Herrera-Puebla J. Estudio del efecto del exceso de humedad en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Revista Ingeniería Agrícola [Internet]. 2017;7(1):60-4. Available from: <https://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/515>
12. González RC, Herrera-Puebla J, Díaz CD, García OS, Echevarría DG, Morales DG. Influencia del tiempo de inundación en el girasol para la proyección de sistemas de drenaje. Revista Ingeniería Agrícola. 2018;8(4):21.
13. Puebla JH, Ortiz RP, Lazo GC, Méndez M, Alarcón R. Problemas del drenaje agrícola en Cuba. Revista Ingeniería Agrícola [Internet]. 2011;1(1):21-32. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586262032003.pdf>
14. Jackson MB, Ishizawa K, Ito O. Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. Annals of Botany [Internet]. 2009;103(2):137-42. Available from: <https://academic.oup.com/aob/article/103/2/137/188812?login=true>
15. Torres Almanza E. Modelación de la compactación ocasionada por el complejo tecnológico cosecha-transporte en vertisoles de la provincia Las Tunas [Internet] [Thesis]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.Facultad de Ciencias Agropecuarias.Departamento de Ingeniería Agrícola; 2018 [cited 22/10/2021]. Available from: <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/10860>