



Efecto del déficit hídrico en el suelo en diferentes etapas del crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol

Answer of the bean's cultivation to hydric deficit in different moments of your biological cycle

©Donaldo Morales Guevara*, ©Lilisbet Guerrero Domínguez, ©Arasay Santa Cruz Suárez

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

RESUMEN: El presente trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) con el objetivo de determinar la respuesta del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al déficit hídrico aplicado en diferentes momentos de su ciclo biológico. Para ello se utilizaron semillas de la variedad Triunfo 70 cultivadas en condiciones semicontroladas. Los tratamientos utilizados consistieron en suspender el suministro de agua a las plantas durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y llenado de grano y un control que se irrigó durante todo el período con el 100 % de la ETc. (evapotranspiración estándar del cultivo). Las evaluaciones realizadas fueron la altura de las plantas, diámetro de los tallos, masa seca de la parte aérea, superficie foliar, contenido relativo de agua, humedad del suelo, contenido relativo de clorofilas, el número vainas por planta y de granos por vaina, masa de 100 granos, el tamaño de los granos y el rendimiento por planta. También se determinaron las tasas relativas de crecimiento, absolutas, de asimilación neta y la relación de área foliar. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la suspensión del riego en la etapa de llenado de grano, es la menos sensible a la deficiencia hídrica en el suelo.

Palabras clave: contenido relativo de agua, clorofilas, crecimiento, rendimiento.

ABSTRACT: The present work was carried out at the National Institute of Agricultural Sciences (INCA) with the objective of determining the response of bean crops (*Phaseolus vulgaris* L.) to water deficit applied at different stages of their biological cycle. For this purpose, seeds of Triunfo 70 variety were used, cultivated under semi-controlled conditions. The treatments used consisted of suspending water supply to the plants for 15 days during the vegetative growth, flowering, and grain filling stages, and a control group that was irrigated throughout the period with 100 % of the crop's standard evapotranspiration (ETc). The evaluations carried out were plant height, stem diameter, dry mass of the aerial part, leaf surface area, relative water content, soil moisture, relative chlorophyll content, number of pods per plant and grains per pod, 100-grain weight, grain size, and yield per plant, relative growth rates, absolute growth rates, net assimilation rates, and leaf area ratios were also determined. The results obtained allowed us to conclude that the suspension of irrigation during the grain filling stage is the least sensitive to soil water deficiency.

Key words: relative of water contained, chlorophylls, growth, yield.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa que más se consume en el mundo dado sus altos contenidos de proteínas y carbohidratos. Actualmente, su cultivo se encuentra distribuido en los cinco continentes y forma parte de la dieta de más de 300 millones de personas (1).

La sequía es un peligro natural que puede ocasionar graves impactos en los distintos sectores socioeconómicos de un estado o una nación. Es capaz de perturbar drásticamente las actividades humanas, el desarrollo social y el ambiente, de lo cual ningún país, por desarrollado que sea, puede librarse por completo (2)

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

Recibido: 03/07/2023

Aceptado: 05/04/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Donaldo Morales. **Investigación-** Donaldo Morales, Lilisbet Guerrero, Arasay Santa Cruz. **Supervisión-** Donaldo Morales. **Escritura del borrador inicial-** Donaldo Morales, Lilisbet Guerrero, Arasay Santa Cruz. **Escritura edición final-** Donaldo Morales, **Curación de datos-** Donaldo Morales

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 60 % de la producción mundial de frijol se obtiene en condiciones de déficit hídrico, resultando este factor el que más contribuye en la reducción del rendimiento, después de las enfermedades.

El estrés hídrico es una respuesta fisiológica de las plantas a la disminución del agua disponible en el ambiente, lo que incide en un desequilibrio entre la transpiración y la absorción de agua (3)

La respuesta de la planta ante la condición de estrés por la falta de agua es inmediata. El crecimiento se ve afectado debido a la pérdida de turgencia que incide en la reducción del volumen celular y el aumento de solutos que generan daños mecánicos celulares que pueden incidir en la reducción del crecimiento (4).

El déficit hídrico es uno de los factores ambientales que más afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas. Bajo condiciones de estrés hídrico, el crecimiento disminuye de manera proporcional a la severidad y magnitud de la condición de estrés y, si el estrés no es letal y se mantiene estable por un tiempo, la planta se puede recuperar (5).

Se ha demostrado que las relaciones hídricas, el crecimiento, la producción por planta, la masa de los granos y su tamaño se ven afectados por la presencia de un déficit hídrico en el suelo en las etapas vegetativas y reproductivas de diferentes variedades de frijol (6).

En los últimos tiempos, abundan los trabajos relacionados con el déficit hídrico en el cultivo del frijol, pero en muy pocos se ha abordado el estudio de su efecto en las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de la planta, o sea, que no se han abordado todas las etapas en un mismo trabajo. Por ello, el presente trabajo se ha realizado con el objetivo de determinar la respuesta del cultivo del frijol al déficit hídrico aplicado en los diferentes momentos de su ciclo biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado a los 22°58'00"N y 82°09'00"O y a 138 m s.n.m. Para ello se utilizaron 12 contenedores de hormigón de 2,60 m de largo por 0,60 m de ancho (1,56 m²) que contenían suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de la provincia Mayabeque (7), zona que forma parte de la llanura cársica Habana-Matanzas (8).

En cada contenedor se sembraron semillas de frijol de la variedad Triunfo 70, dispuestas en dos hileras y con una separación entre ellas de 0,40 m y 0,10 m entre plantas (52 plantas por contenedor).

Los tratamientos utilizados consistieron en suspender el riego (SR) durante 15 días en diferentes momentos: en la etapa de crecimiento vegetativo desde los 15 a los 30 días posteriores a la siembra (SC), otro en el que la suspensión se realizó desde los 30 a los 45 días (SF), otro con suspensión del riego desde los 50 a los 65 días (SLL) y un tratamiento control en el que las plantas fueron abastecidas durante todo el periodo con el 100 % de la ETc (evapotranspiración estándar del cultivo).

El riego se aplicó mediante un sistema automatizado de micro aspersión y la entrega del agua se controló

mediante válvulas colocadas convenientemente en los laterales de riego de cada tratamiento. Los valores de pH y conductividad eléctrica del agua aplicada al cultivo durante el experimento fueron de 7,8 y 0,58 dS m, respectivamente.

Para evitar el efecto de las precipitaciones o del rocío durante el periodo de suspensión del riego, se colocó una manta de nylon transparente sobre y sin hacer contacto con las plantas.

Los riegos consistieron en la reposición de la evapotranspiración estándar del cultivo (ETc) diaria tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes). Las plantas antes y después de la suspensión del riego (SR) recibieron el 100 % de la ETc.

A cada contenedor se le adicionó 1 Kg de estiércol vacuno para mejorar su fertilidad y la estructura del sustrato.

La evapotranspiración de referencia ETo (mm), la evapotranspiración estándar del cultivo ETc (mm) y los requerimientos de riego (ETc= ETo*Kc) se obtuvieron mediante el Programa CropWat.8. Este programa se actualizó con una serie histórica de datos meteorológicos de 31 años (1990- 2021), correspondientes a la estación meteorológica de Tapaste, perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología, distante aproximadamente a 200 m del sitio experimental y para el cálculo de ETo y ETc se utilizaron los valores medios mensuales.

Los coeficientes de cultivo (Kc) empleados fueron: Kc inicio = 0,26, Kc medio= 1,08 y Kc final= 0,52 (9).

Las evaluaciones de crecimiento, humedad del suelo, contenido relativo de agua y de clorofilas totales se realizaron a los 30, 45 y 65 días después de la siembra (DDS), coincidiendo con la culminación de los periodos de suspensión del riego en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), floración (SF) y llenado de los granos (SLL).

Para las determinaciones del contenido relativo de agua, las clorofilas totales (SPAD) y de crecimiento se tomaron diez repeticiones por tratamiento.

Las evaluaciones realizadas consistieron en determinar la humedad del suelo, el contenido relativo de agua a las 7 horas solares y, antes de aplicar el riego de reposición, la longitud y el diámetro de los tallos, la masa seca de los tallos, de las hojas y de la parte aérea, la superficie foliar, las tasas relativas, absolutas y de asimilación neta y la relación de área foliar, el contenido total de clorofilas en unidades SPAD, el número de vainas por planta y de granos por vaina, la masa de 100 granos, dimensiones de los granos y el rendimiento por planta.

Las relaciones de crecimiento se determinaron por el método funcional (10).

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, se tomaron 10 plantas de cada repetición (30 por tratamiento).

El análisis de los datos se realizó utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5 y las medias se compararon mediante las pruebas de las Mínimas Diferencias Significativas o la de rangos múltiples de Tukey según correspondiera y para graficar los datos se utilizó el programa Sigma Plot 11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como muestra la **Figura 1**, en todos los casos, la humedad del suelo descendió significativamente en los tratamientos en que el riego se suspendió durante 15 días, con valores incluso inferiores al 50 % del alcanzado en el tratamiento control (100 % de la ETC).

Este comportamiento de la humedad permite afirmar que las plantas fueron sometidas durante ese período a un estrés de moderado a severo.

Otro de los indicadores evaluados con el objetivo de caracterizar la presencia de un estrés hídrico, fue la determinación del contenido relativo de agua, medido entre las 7:00 h y las 8:00 h al concluir cada periodo de suspensión del riego. Este indicador expresa el nivel de agua en los tejidos respecto al total que puede almacenar cuando este líquido se encuentra en condiciones de óptima disponibilidad en el sustrato en el que la planta se desarrolla.

Al observar la **Figura 2** se puede aseverar que, efectivamente, las plantas estuvieron sometidas a una fuerte deficiencia hídrica al registrarse valores inferiores al 50 % del contenido de agua en relación con el que puede alcanzar cuando están a plena turgencia.

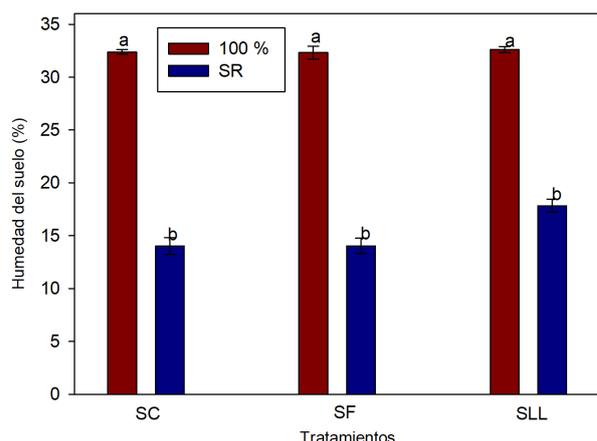
Los valores encontrados indican que las plantas estuvieron sometidas a un fuerte estrés hídrico durante el período en que se les suspendió el riego, lo que concuerda con los resultados encontrados al analizar el comportamiento de la humedad del suelo.

Resultados similares han sido informados por otros autores cuando han sometido las plantas de este cultivo a diferentes niveles de humedad en el suelo y tratadas con diferentes bioestimulantes (11) y también ha servido para la caracterización de plantas élite de café por su tolerancia a la sequía (12).

La **Tabla 1** muestra las dimensiones de los tallos, la masa seca de tallos, hojas, de la parte aérea y la superficie foliar. Se aprecia que las variables relacionadas con el crecimiento del tallo no se diferenciaron del tratamiento control en ninguna de las variantes utilizadas, lo que pudiera indicar que el periodo de estrés no fue lo suficientemente prolongado para lograr una diferenciación significativa entre los tratamientos. Sin embargo, tanto la masa seca de las hojas como de la parte aérea de los tratamientos con suspensión del riego, si se diferenciaron del tratamiento control, lo que está relacionado con la acumulación de fotoasimilados en ese órgano de elaboración, lo que repercute directa y significativamente en el comportamiento de esas variables.

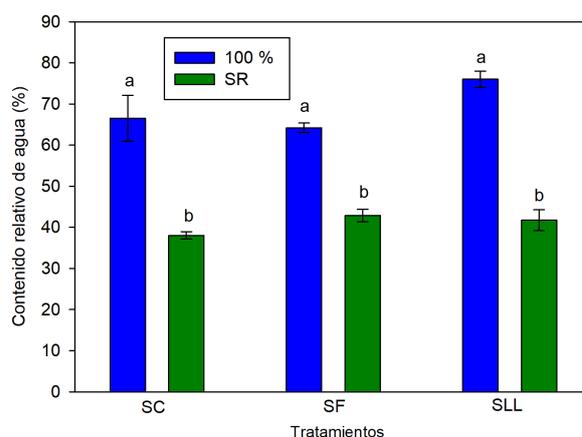
Esta respuesta indica que la masa seca de la parte aérea estuvo determinada por la masa seca de las hojas. Otros autores han informado un comportamiento similar de la masa seca de los tallos al evaluar el efecto de la aplicación de algunos bioestimulantes de conjunto con fertilizantes nitrogenados (13).

Por su parte, la superficie foliar si bien solo mostró diferencias estadísticamente significativas cuando el riego



Las barras sobre las columnas corresponden a los errores estándar de las medias y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$, según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa)

Figura 1. Humedad del suelo al concluir los períodos de suspensión del riego (SR) durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL)



Las barras sobre las columnas corresponden a los errores estándar de las medias y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$, según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa)

Figura 2. Contenido relativo de agua al concluir los períodos de suspensión del riego (SR) durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL)

se suspendió entre los 50 y 65 días, se puede notar que en las restantes variantes experimentales los valores absolutos alcanzados en los tratamientos con suspensión del riego reflejan una fuerte depresión de esta variable, respuesta que pudiera estar asociada con una disminución del tamaño de las hojas, aspectos que han sido señalados en trabajos donde se ha relacionado el comportamiento del contenido relativo de agua con el tamaño de las hojas (14).

Tabla 1. Efecto de los tratamientos de RDC en las tres fases de desarrollo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en diferentes indicadores de su morfología

Tratamientos	Longitud del tallo (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Masa seca del tallo (g)	Masa seca de las hojas (g)	Masa seca aérea (g)	Superficie foliar (cm ²)
100 % de la ETc	14.56	4.00	0.44	3.09 a	3.99 a	1312.04
Suspensión entre 15 y 30 días	13.06	3.20	0.39	1.63 b	2.03 b	995.54
DMS	1.57	0.27	0.11	0.09	0.18	111.25
100 % de la ETc	37.02	4.20	1.20	4.94 a	6.07 a	2158.83
Suspensión entre 30 y 45 días	35.00	3.80	1.12	2.79 b	4.02 b	1759.15
DMS	2.85	0.30	0.08	0.17	0.20	139.93
100 % de la ETc	59.60	6.80	2.61	12.67a	15.27 a	3698.19 a
Suspensión entre 50 y 65 días	55.20	6.40	1.87	6.93b	8.80 b	2244.73 b
DMS	6.68	0.55	0.31	1.20	1.25	400.18

Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$ según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa)

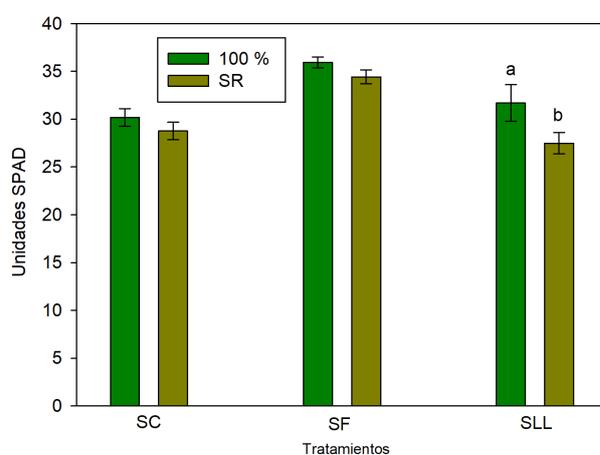
Al concluir cada período de suspensión del riego (Tabla 2), se realizó el análisis de las relaciones de crecimiento siguientes: Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), Tasa de Asimilación Neta (TAN) y Relación de Área Foliar (RAF).

Se pudo observar que, las tasas más bajas se alcanzaron en los tratamientos en los que las suspensiones de riego se realizaron en plena etapa vegetativa (15-30 días) y en la de floración (30-45 días), lo que confirma la sensibilidad del proceso de crecimiento de las plantas ante una deficiencia hídrica, sin embargo, cuando la suspensión se realizó en la etapa de llenado de grano (momento en que las plantas ya han alcanzado prácticamente su máximo crecimiento) los valores obtenidos son superiores a los encontrados en las etapas antes señaladas, aunque inferiores a cuando no se interrumpió el riego.

Por su parte, la RAF mostró los mayores valores en las plantas que en algún momento estuvieron sometidas a una deficiencia hídrica. Se observaron los mayores valores absolutos en los tratamientos en que las suspensiones se realizaron en las etapas más jóvenes de las plantas, respuesta que concuerda con los resultados encontrados por otros autores (15).

En la Figura 3, se aprecia que sólo se encontró diferencias entre los tratamientos cuando la suspensión del riego se realizó en la etapa de llenado del grano.

La concentración de pigmentos fotosintéticos se relaciona con la concentración foliar de nitrógeno, por lo que de forma indirecta se puede conocer la deficiencia o exceso del elemento, puede servir como fundamento



Las barras sobre las columnas corresponden a los errores estándar de las medias y letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para $\alpha \leq 0.05$, según la prueba de MDS (Mínima Diferencia Significativa)

Figura 3. Contenidos totales de clorofilas al concluir los períodos de suspensión del riego (SR) durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo (SC), de floración (SF) y de llenado del grano (SLL)

técnico para sugerir el manejo adecuado del cultivo, en busca de potenciar la eficiencia fotosintética, calidad y el rendimiento (16).

Este resultado indica que las plantas, de manera general, estuvieron suficientemente abastecidas de nutrientes, principalmente de nitrógeno, por lo que la disponibilidad de éste no constituyó una limitante para su normal crecimiento

Tabla 2. Tasas relativa y absoluta de crecimiento, asimilación neta y relación de área foliar en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) al concluir el período de suspensión del riego

Tratamientos	TRC (g g día ⁻¹)	TAC (g día ⁻¹)	TAN (g cm ⁻² día ⁻¹)	RAF (cm ² g ⁻¹)
100 % de la ETc	2.81 a	15.26 a	125.58 a	121.66 c
Suspensión entre 15 y 30 días	0.89 d	2.24 c	15.36 c	216.94 a
Suspensión entre 30 y 45 días	1.29 c	3.77 c	28.14 c	204.79 a
Suspensión entre 50 y 65 días	2.03 b	8.27 b	66.13 b	166.38 ab
Es \bar{x}	0.07	0.90	8.32	15.36

Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos para $p \leq 0.05$, según Tukey. TRC = Tasa Relativa de Crecimiento, TAC = Tasa Absoluta de Crecimiento, TAN = Tasa de Asimilación Neta y RAF = Relación de Área Foliar

y desarrollo, respuesta que concuerda con lo informado en estudios donde se evaluó esta variable en plantas de frijol cultivadas con diferentes niveles de humedad en el suelo y tratadas con aplicaciones foliares de un bioestimulante (17).

A partir de este resultado se puede inferir que el sistema fotosintético de las hojas mantuvo su integridad, lo que garantizó condiciones favorables para el desarrollo de las plantas.

La respuesta encontrada al suspender el riego en la etapa de llenado del grano, pudiera estar asociada con la edad de la planta y la aceleración del proceso de senescencia de las hojas, provocada por la deficiencia hídrica en un estadio de edad más avanzado como un mecanismo de evasión ante la condición de estrés.

La disminución del contenido de clorofila pudiera ser atribuida a una posible inhibición de la síntesis de este pigmento debido a la edad de la planta, conjuntamente con la activación de su degradación por la enzima clorofilasa (18).

En la **Tabla 3** se muestra el análisis del rendimiento y sus componentes. En primer lugar, se puede apreciar que los tratamientos utilizados no ejercieron efecto ni en el número de granos por vaina, ni en la masa de 100 granos, mientras el número de vainas si se afectó significativamente por las suspensiones de riego, siendo la realizada en la fase de floración la que limitó en mayor medida esta variable. Otros autores han informado que la deficiencia hídrica en el suelo durante el período de floración e inicio de la formación del grano de frijol, redujo el rendimiento por planta (19).

Por otra parte, al evaluar el tamaño de los granos dado por el largo, ancho y espesor, se pudo notar que fue el tratamiento en el que la suspensión del riego se realizó en la etapa de llenado del grano, el único que provocó una disminución significativa de sus dimensiones, lo que conllevó a que el rendimiento fuera inferior al del tratamiento sin suspensión del riego, aspecto que debe estar relacionado con una menor capacidad de la planta para lograr un crecimiento pleno de las células que conforman el grano. Las dimensiones de los granos encontradas en este trabajo concuerdan con las informadas por otros autores al evaluar el comportamiento de esta variable en frijoles comerciales, en las condiciones de México (20).

Es bien conocido que una deficiencia hídrica en el suelo afecta los diferentes procesos que finalmente determinan la productividad de las plantas, tales como, el intercambio gaseoso caracterizado por la conductancia estomática y la asimilación del carbono, así como la transpiración, quien juega un importante papel en la absorción de los nutrientes y su movimiento a través de la planta, aspectos que pueden explicar el comportamiento mostrado por las plantas cultivadas en las condiciones antes señaladas (21).

Por último, el rendimiento por planta fue afectado de manera significativa cuando la suspensión del riego se realizó durante la etapa de floración, siguiéndole en orden la suspensión en la etapa vegetativa y, aunque sin diferir con este tratamiento, el que la suspensión se realizó en la etapa de llenado del grano, resultando la suspensión en esta etapa la que menos afectó el rendimiento.

La carencia de agua en el suelo provocó una disminución sensible de los rendimientos de diferentes variedades de frijol en comparación con las que fueron bien irrigadas, resultados que son confirmados por lo informado en este trabajo (22).

Esta ligera diferencia en el rendimiento entre las plantas con suspensión del riego en la etapa de llenado del grano respecto al tratamiento bien irrigado, resulta interesante en dos direcciones: la primera, en que define a esta etapa como la menos sensible a la deficiencia hídrica y, la otra, en que según otros autores, en tales condiciones se incrementa la síntesis de metabolitos con capacidad para inhibir la síntesis de algunas de las enzimas involucradas con el metabolismo de los carbohidratos, dando lugar a la obtención de semillas de frijol con un mayor efecto hipoglucemiante (23).

CONCLUSIONES

La suspensión del riego durante 15 días en las etapas de crecimiento vegetativo, floración y llenado del grano de plantas de frijol, variedad Triunfo 70, provocó una deficiencia hídrica en el suelo que repercutió negativamente en el contenido relativo de agua, la acumulación de materia seca en la parte aérea, las relaciones de crecimiento y el rendimiento. Particularmente, la suspensión del riego en el período de llenado del grano afectó la superficie foliar, el contenido de clorofilas totales y el tamaño de los granos.

Tabla 3. Rendimiento y sus componentes de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a suspensiones del riego en diferentes momentos de su ciclo biológico

Tratamientos	Vainas por planta	Granos por vaina	Masa de 100 granos (g)	Largo de los granos (mm)	Ancho de los granos (mm)	Espesor de los granos (mm)	Rendimiento por planta (g)
100 % de la ETC	9.23 a	6.30	2018	9.64 a	6.26 a	4.35 a	11.72 a
Suspensión entre 15 y 30 días	7.96 b	6.48	19.96	9.68 a	6.36 a	4.51 a	9.83 bc
Suspensión entre 30 y 45 días	7.08 c	6.60	19.62	9.46 a	6.33 a	4.60 s	9.25 c
Suspensión entre 50 y 65 días	8.06 b	6.50	19.56	9.18 b	5.82 b	3.93 b	10.20 b
Es \bar{X}	0.09	0.11	0.22	0.09	0.05	0.06	0.26

Letras diferentes significan diferencias significativas entre tratamientos para $p \leq 0.05$ según Tukey

RECOMENDACIONES

Estos resultados sustentan que, ante una situación de escasez de agua para el riego o por inconvenientes de cualquier otra índole que obliguen a ahorrar agua, la variante más recomendable es: aplicar el 100 % de la ETc durante las fases de crecimiento vegetativo y floración y suspender el riego en la fase de llenado del grano.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAOSTAT (División de Estadística de la FAO). Datos sobre alimentación y agricultura. [Internet]. 2021 [cited 2024 Nov 27]. Available from: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
2. Ortega-Gaucin D. Medidas para afrontar la sequía en México: Una visión retrospectiva. Rev El Col San Luis [Internet]. 2018 Apr [cited 2024 Nov 27];8(15):77-105. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1665-899X2018000100077&lng=es&nrm=iso&tng=es
3. Valverde-Otárola JC, Arias D, Valverde-Otárola JC, Arias D. Efectos del estrés hídrico en crecimiento y desarrollo fisiológico de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. Colomb For [Internet]. 2020 Jun [cited 2024 Nov 27];23(1):20-34. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-07392020000100020&lng=en&nrm=iso&tng=es
4. Tong X, Mu Y, Zhang J, Meng P, Li J. Water stress controls on carbon flux and water use efficiency in a warm-temperate mixed plantation. J Hydrol [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2024 Nov 27];571:669-78. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169419301611>
5. Larramendi LA, Salas-Marina M, Hernández-García V, Campos-Saldana RA, Macías W, Morales M, et al. Efecto fisiológico de la disponibilidad de agua y nitrógeno en plantas de guayaba. Trop Subtrop Agroecosystems [Internet]. 2021 Jan 27;24. Available from: https://www.researchgate.net/publication/362977638_EFECTO_FISIOLOGICO_DE_LA_DISPONIBILIDAD_DE_AGUA_Y_NITROGENO_EN_PLANTAS_DE_GUAYABA
6. Montero-Tavera V, Gutiérrez-Benicio GM, Mireles-Arriaga AI, Aguirre-Mancilla CL, Acosta-Gallegos JA, Ruiz-Nieto JE, et al. Efectos fisiológicos del estrés hídrico en variedades de frijol tolerantes a la sequía. Acta Univ [Internet]. 2019 [cited 2024 Feb 20];29. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-62662019000100114&lng=es&nrm=iso&tng=es
7. Hernández-Jiménez A, Pérez-Jiménez JM, Bosch-Infante D, Speck NC. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Cultiv Trop [Internet]. 2019 Mar 31 [cited 2024 Feb 12];40(1):a15-e15. Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504>
8. Iglesias YC, Robaina FG, Granda GH, Rivero LH, Zayas EC. Impacto del cambio climático en el rendimiento del maíz sembrado en suelo Ferralítico Rojo compactado. Rev Ing Agríc [Internet]. 2020 [cited 2024 Nov 27];10(1). Available from: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586262449008/html/>
9. Pérez-Iriarte C, Sánchez-Delgado M, Razuri Ramirez L, Enciso-Gutiérrez A. Dosis de riego y coeficiente del cultivo (Kc) en la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Lima, Perú. Rev Ing UC [Internet]. 2021 Dec 29;28:349-59. Available from: https://www.researchgate.net/publication/357407662_Dosis_de_riego_y_coeficiente_del_cultivo_Kc_en_la_produccion_del_frijol_Phaseolus_vulgaris_L_en_Lima_Peru
10. García Castro KD, Romo-Campos R de L, Pereira CJ, Gómez-Rubio R, García Castro KD, Romo-Campos R de L, et al. Tasa relativa de crecimiento en plántulas de dos poblaciones de *Magnolia pugana* (Magnoliaceae) en distintos niveles de luz y fertilidad del suelo. Rev Biol Trop [Internet]. 2018 Jun [cited 2024 Nov 27];66(2):622-33. Available from: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0034-77442018000200622&lng=en&nrm=iso&tng=es
11. Estrada Prado W, Chávez Suárez L, Jerez Mompie E, García MCN, Maceo Ramos YC, Cordoví Domínguez C, et al. Efecto del Azofert® en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. Cent Agríc [Internet]. 2018 Dec [cited 2024 Nov 27];45(4):20-6. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852018000400020&lng=es&nrm=iso&tng=es
12. Quintana-Escobar AO, Iracheta-Donjuan L, Méndez-López I, Alonso-Báez M. Caracterización de genotipos élite de *Coffea canephora* por su tolerancia a sequía. Agron Mesoam [Internet]. 2016 Dec 12 [cited 2024 Nov 27];28(1):183. Available from: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/23874>
13. Martínez-González L, Maqueira-López L, Nápoles-García MC, Núñez-Vázquez M. Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Biofertilizados. Cultiv Trop [Internet]. 2017 Jun [cited 2024 Nov 27];38(2):113-8. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362017000200017&lng=es&nrm=iso&tng=es
14. Borjas R, Rebaza D, Julca A. Contenido hídrico de dos variedades de olivo (*Olea europaea* L.) en el Valle de Cañete, Lima-Perú. Sci Agropecu [Internet]. 2015 Jul [cited 2024 Nov 27];6(3):147-54. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172015000300001&lng=es&nrm=iso&tng=es
15. Santos Castellanos M, Segura Abril M, Núñez López CE. Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). Rev Fac Nac Agron Medellín [Internet]. 2010 Jun [cited 2024 Nov 27];63(1):5253-66. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0304-28472010000100004&lng=en&nrm=iso&tng=es
16. Castañeda CS, Almanza-Merchán PJ, Pinzón EH, Cely-Reyes GE, Serrano-Cely PA, Castañeda CS, et al.

- Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker. Rev Colomb Cienc Hortícolas [Internet]. 2018 Aug [cited 2024 Nov 27];12(2):329-37. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2011-21732018000200329&lng=en&nrm=iso&tlng=es
17. Morales-Guevara D, Dell'Amico-Rodríguez J, Jerez-Mompie E, Rodríguez-Hernández P, Álvarez-Bello I, Díaz-Hernández Y, et al. Efecto del QuitoMax® en plantas de (*Phaseolus vulgaris* L.) sometidas a dos regímenes de riego. II. variables fisiológicas. Cultiv Trop [Internet]. 2017 Dec [cited 2024 Nov 27];38(4):92-101. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362017000400014&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 18. Taïbi K, Taïbi F, Ait Abderrahim L, Ennajah A, Belkhdouja M, Mulet JM. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. South Afr J Bot [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2024 Nov 27];105:306-12. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915326739>
 19. Felix R, López-Castañeda C, Kohashi-Shibata J, Miranda-Colín S, Aguilar-Rincon V, Rueda CG. Changes in yield and its components in bean under irrigation and drought. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2019 Sep 26;10(2):351-64. Available from: https://www.researchgate.net/publication/336074048_Changes_in_yield_and_its_components_in_bean_under_irrigation_and_drought
 20. Morales-Santos ME, Peña-Valdivia CB, García-Esteva A, Aguilar-Benítez G, Kohashi-Shibata J, Morales-Santos ME, et al. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre, domesticado y su progenie. Agrociencia [Internet]. 2017 Feb [cited 2024 Nov 27];51(1):43-62. Available from: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952017000100043&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 21. Aguilar-Benítez G, Peña-Valdivia CB, Castro-Rivera R, Lara-Ávila JP, Cruz-Crespo E, Rojas-Velázquez AN. Efecto del vermicompost y estrés hídrico en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): parámetros productivos y relaciones hídricas. Phytón. 2017;86:28-39. Available from: <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/2158/1/Efecto%20del%20vermicompost%20y%20estres%20hidrico%20en%20frijol%20%28phaseolus%20vulgaris%20L%29%20parametros%20productivos%20y%20relaciones%20hidricas.pdf>
 22. Domínguez Suárez A, Darias Rodríguez R, Martínez Dávalos Y, Alfonso Negrín E, Domínguez Suárez A, Darias Rodríguez R, et al. Tolerancia de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) a condiciones de sequía en campo. Cent Agríc [Internet]. 2019 Sep [cited 2024 Nov 27];46(3):22-9. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852019000300022&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 23. Herrera MD, Lozada-Carlos MM, Servín-Palestina M. Efecto diferencial del suministro de agua de riego en frijol sobre la capacidad de inhibición de enzimas digestivas. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos [Internet]. 2019;66-71:4. Available from: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/1/9.pdf>