Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TRATAMIENTOS DE AGUA DE TILAPIA EN RESPUESTA DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE BROCOLI (*Brassica oleracea* Plenck)

Javier Jiménez Avalos[1]; Juana María Mejia Rivera[1]; Remedios Betsabe Ruiz Ramirez[1]; Marbella Romero Figueroa[1]; Jesús David Joaquin Cuarenta[1]; Berenice Rivera Cortez[1]; José Gómez Espinoza[1]*

[1]TecNM-campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8, CP 38110, Celaya Guanajuato. Autor de correspondencia: gomez2205jge@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de diferentes porcentajes de efluente acuícola proveniente del cultivo de tilapia (*Oreochromis Niloticus*) sobre el crecimiento y desarrollo de brócoli (*Brassica oleracea).* La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Producción Acuícola del Tecnológico Nacional de México Campus Roque, el objetivo de aprovechar el efluente acuícola generada en los estanques de tilapia, la cual es rica en nutrientes debido a que actualmente representa un problema al no ser aprovechada. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, evaluando distintas mezclas de agua natural y agua de tilapia: 100 % agua natural (T1), 75/25 (T2), 50/50(T3), 25/75 (T4) y 100 % agua de tilapia(T5). Las variables analizadas fueron diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta, registradas a los 20, 60 y 80 días después del trasplante. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre fechas de evaluación para todas las variables. El tratamiento con mejores resultados fue el T3, presentando mayores valores en diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta. Esto indica que el uso moderado del agua residual acuícola favorece el desarrollo del cultivo debido a su aporte nutrimental. Además, los coeficientes de variación obtenidos fueron aceptables, lo que demuestra confiabilidad en los resultados experimentales. El estudio evidencia que el aprovechamiento del agua de tilapia puede representar una alternativa sustentable y eficiente para la producción agrícola, contribuyendo tanto al ahorro de agua como a la reducción del impacto ambiental.

Palabras clave: *brócoli, efluente acuícola, tilapia, agua*

ABSTRACT

This study evaluated the effect of different percentages of aquaculture effluent from tilapia (Oreochromis niloticus) farming on the growth and development of broccoli (Brassica oleracea). The research was conducted at the Aquaculture Production Unit of the National Technological Institute of Mexico, Roque Campus. The objective was to utilize the nutrient-rich aquaculture effluent generated in the tilapia ponds, which currently represents a problem due to its underutilization. A completely randomized design with five treatments and three

replicates was used, evaluating different mixtures of natural water and tilapia water: 100% natural water (T1), 75/25 (T2), 50/50 (T3), 25/75 (T4), and 100% tilapia water (T5). The variables analyzed were stem diameter, number of leaves, and plant height, recorded 20, 60, and 80 days after transplanting. The results showed highly significant differences between evaluation dates for all variables. Treatment T3 performed best, exhibiting higher values for stem diameter, number of leaves, and plant height. This indicates that the moderate use of aquaculture wastewater promotes crop development due to its nutritional contribution. Furthermore, the coefficients of variation obtained were acceptable, demonstrating the reliability of the experimental results. This study shows that the use of tilapia wastewater can represent a sustainable and efficient alternative for agricultural production, contributing to both water conservation and a reduction in environmental impact.

Keywords: *broccoli, aquaculture effluent, tilapia, water*

INTRODUCCION

El brócoli, es una planta de la familia de las crucíferas. De este, se consumen los floretes compactos de un color verde intenso que crecen sobre un tallo, es considerada un alimento con gran aporte nutrimental.) ya que es una de las verduras con más valor nutricional, tiene un alto contenido en fibra (*Challenge Validation*, s. f.). Por todo esto, tiene beneficios antioxidantes, depurativos lo cual, fortalece las defensas en el cuerpo humano. El brócoli es un alimento altamente nutritivo, rico en vitaminas C, K y A, fibra, hierro y potasio, destaca por sus propiedades anticancerígenas gracias al sulforano (con un porcentaje de entre \(44\) y \(171\) mg por cada \(100\) g) que ayuda a reducir la inflamación, mejorar la salud cardiovascular al disminuir el colesterol LDL y fortalecer el sistema inmunológico, una porción de 100 gramos de brócoli proporcionará más de 150 % de la ingesta diaria recomendada de vitamina C (SENACICA , 2016). La producción de brócoli a nivel mundial supera los 25 millones de toneladas anuales, siendo China e India los principales productores con el 74% de la producción mundial. México destaca como el 4° productor mundial con 640,686.39t (*Qué Te Gustaría Saber | FAO | Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura*, s. f.) destacando Guanajuato como líder principal con el 65.2% con 422,223.05 Ton (SIAP, 2024). El brócoli requiere una nutrición intensa y equilibrada, destacando una alta demanda de Nitrógeno (N) para el crecimiento foliar (3 kg/ha/día al inicio) y Potasio (K) (2.7–5.1 kg/t) para la formación del florete y este mismo sea de excelente calidad. Es vital asegurar Fósforo (P) para raíces, Calcio (Ca) para estructura y micronutrientes como Boro (B), («Rico En Diversos Nutrientes, el Brócoli Es un Alimento Más Importante Para la Alimentación Diaria de Lo Que Imaginas. Descubre Todos Sus Beneficios.», 2024), entre otros. La Tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*) pertenece a la familia Cichlidae. Es una especie de alto rendimiento, altos niveles de proteína y muy buen sabor, tiene un cuerpo con el dorso grisáceo, rosado a los lados, con barras verticales oscuras en la aleta caudal. Presenta dimorfismo sexual, la hembra es más pequeña que el macho (aleta caudal en punta) y en época reproductiva

el color de las aletas se torna rojizo. La longitud, peso y edad máxima respectivamente reportadas son 60 cm largo estándar, 4.3 kg y nueve años. Es omnívoro, incluyendo fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna bentónica y detritus en su dieta. Por lo cual, fue seleccionada para su desarrollo y estudio dentro del Instituto Tecnológico De Roque, sin embargo, se tiene un problema con la recirculación del agua de esta misma, por lo cual, implementaron el uso filtros donde se logró observar que los niveles de nitritos, nitratos, amonio, pH entre otros, disminuían sus valores los cuales, eran óptimos para el cultivo de la tilapia. Hoy en día, el uso del agua de tilapia que se usa en el instituto tecnológico de roque, sin embargo, no tiene uso alguno, por lo cual con este proyecto le damos recirculamiento a esta agua volviéndola a hacer útil aprovechando sus altos niveles de nutrientes, por lo tanto el agua de tilapia es un excelente fertilizante orgánico rico en nitrógeno (en forma de amoníaco y nitratos), fósforo, calcio, potasio y magnesio, al desaprovecharse el efluente acuícola de los estanques, se pierden 2 800 L cada tercer día con altas concentraciones de residuos nitrogenados (amoniaco, nitritos y nitratos lo cual es un problema dentro de la unidad pues estos solo son arrojados a una zanja en donde se evaporan o se filtran al subsuelo, algo alarmante para el ambiente; una solución propuesta fue la de aprovechar esa agua de los estanques como fuente de fertilizante orgánico para el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea*), por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes tratamientos del efluente acuícola en respuesta de crecimiento y desarrollo de Brócoli (*Bracica oleracea*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trasplante se realizó en condiciones de riego en la Unidad de Producción Acuícola (UPA) del Tecnológico Nacional de Mexico en Roque (TECNM-ROQUE), ubicado en la carretera, Juventino Rosas-Celaya, Guanajuato, México, localizado a 20° de latitud norte.

El diseño experimental constó de un arreglo completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en hacer las combinaciones de las dos aguas de pozo y efluente acuícola, los cuales se muestran a continuación en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de los tratamientos evaluados en brócoli (*Brassica oleracea*).

Número	Abreviación	Descripción del tratamiento
1	Trat 1	100% Agua natural
2	Trat 2	75% agua natural + 25% efluente acuícola
3	Trat 3	50% agua natural + 50% efluente acuícola
4	Trat 4	25% agua natural + 75% efluente acuícola
5	Trat 5	100% efluente acuícola

Se registraron las variables de altura de planta (AP), Diámetro de tallo (DT), Numero de hojas (NH), los cuales se evaluaron en tres fechas distintas que fueron a los 20 días de trasplante (DDT),60 días y 80 días. Se evaluaron en tres fechas distintas en las cuales nos dimos cuenta de que tuvimos diferencias significativas
Se realizó análisis de varianza para observar el efecto de los tratamientos y fechas de las interacciones entre los factores estudiados. Se realizaron pruebas de medias (DMS P α 0.05) para detectar diferencias entre niveles de los factores de variación. Los datos se analizaron estadísticamente con el programa SAS 9.4 (SAS Instituto, 2022). Con la finalidad de identificar las variables más importantes y la dispersión de los tratamientos evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza se presenta en el Cuadro 2. Donde se observa, que la fuente de variación de fecha, donde se presentó diferencia significativa en las cuales con un (P ≤ 0.01). En tratamientos no existe diferencia significativa, en la interacción fecha x tratamiento, igual que en caso de tratamientos no existe diferencia significativa. Si bien, se analizó la variable número de hojas donde se observó cuenta que en todos los resultados obtenidos de fuente de variación muestran diferencia significativa de (P ≤ 0.01), esto gracias a los diferentes porcentajes de nutrientes que pudiera presentar en el agua. Cabe resaltar que el coeficiente de variación está en 9.79 lo cual, es bastante aceptable puesto que algunos autores mencionan que para ser aceptable debe de ser menor de 20. Por otro lado, en la altura de planta la variable de fecha dio una diferencia significativa de (P ≤ 0.01) al igual los tratamientos mostraron diferencia significativa (P ≤ 0.05), lo mismo sucede en la interacción fecha x tratamiento donde se muestra diferencias significativas, demostrando que el mayor efecto se observó en fechas puesto que el valor de la fuente de variación fue el de mayor impacto, donde para esta variable el coeficiente de variación fue de 8.89.

Cuadro 2. Cuadrados medios del ANAVA de diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta en brócoli.

F V	DTBR (mm)	NHBR	APBR (cm)
Fecha (Fech)	2620.293287**	934.255127**	6466.62482**
Tratamientos (Trat)	12.126281	11.467048**	44.66232*
Fech*Trat	5.896189	10.430054**	46.53889*
Error	3.741889	0.851660	8.09608
C.V. (%)	16.6	9.7	8.8

FV = Fuente de variación, gl = grados de libertad, ** = Diferencia altamente significativa (P ≤ 0.01), ** = Diferencia estadística significativa (P ≤ 0.05), ns = No existe diferencia significativa estadística (P ≥ 0.05), CV (%) = Coeficiente de variación.

En las pruebas medias (cuadro 2), para diámetro de tallo se determina que existe diferencia significativa entre las fechas evaluadas, destacando la fecha numero 5 donde los valores obtenidos oscilan entre 26.60 mm mostrando diferencias significativas con las otras fechas lo cual era de esperarse puesto el crecimiento de la planta es exponencial, sin embargo, el crecimiento que muestra la fecha 3 y la fecha 5 es cuatro veces mayor que en la fecha tres, lo cual puede atribuirse a que existe mayor asimilación de nutrientes del agua de tilapia.

Cuadro 3. Valores promedios (DMS α 0.05) de diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta en brócoli.

FV	DTBR (mm)		NHBR		APBR (cm)	
Fecha						
5	26.70	a	17.89	a	54.16	a
3	6.29	b	8.09	b	28.86	b
1	1.95	c	2.27	c	12.93	c

Los valores en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el siguiente cuadro se muestran las variables obtenidas donde nos damos cuenta de que el tratamiento 3 es el que dio mejor resultado, tanto en diámetro de tallo, numero de hojas y altura de planta con esto nos damos cuenta de que da mejor respuesta aplicar el tratamiento al 50%, lo cual es un muy buen resultado ya que podemos mantener una muy buena mezcla y tener un mayor ahorro del agua de tilapia.

Cuadro 4. Valores promedios (DMS α 0.05) de diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta en brócoli.

FV	DTBR (mm)		NHBR		APBR (cm)	
Tratamiento						
3	12.78	a	10.22	a	34.26	a
2	12.61	a	8.50	b	32.46	ab
1	11.49	a	8.18	b	28.27	b
5	11.48	a	10.86	a	32.29	ab
4	9.88	a	8.18	ab	32.73	ab

Los valores en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales.

CONCLUSIONES

El uso de agua residual proveniente del cultivo de tilapia tuvo efectos positivos en el crecimiento y desarrollo del brócoli, principalmente cuando se utilizó una mezcla equilibrada de 50 % agua natural y 50 % agua de pez. Este tratamiento permitió obtener mejores resultados en diámetro de tallo, número de hojas y altura de planta, demostrando que el agua acuícola puede funcionar como una fuente importante de nutrientes para el cultivo. Asimismo, el aprovechamiento de esta agua representa una alternativa sustentable. Por lo tanto, el uso del efluente acuícola en sistemas agrícolas puede considerarse una práctica viable para mejorar la producción de brócoli y promover un manejo más eficiente y ecológico de los recursos disponibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFÍCAS

Challenge validation. (s. f.). https://www.gob.mx/agricultura/articulos/brocoli-el-superalimento-de-rapido-crecimiento?idiom=es

Qué te gustaría saber | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). AboutFAO. https://www.fao.org/about/ask-fao/es/

Rico en diversos nutrientes, el brócoli es un alimento más importante para la alimentación diaria de lo que imaginas. Descubre todos sus beneficios. (2024, 16 septiembre). *National Geographic*. https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2024/09/los-5-beneficios-del-brocoli-para-el-organismo

Challenge validation. (s. f.-b). https://www.gob.mx/senasica/articulos/brocoli-un-aliado-para-tu-salud