

EFFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE LUZ FILTRADA A TRAVÉS DE PELÍCULAS DE CELULOSA REGENERADA EN EL CULTIVO DE RÁBANO (*Raphanus sativus* L.)

(Artículo de investigación)

David Miguel Quispe Pérez¹, Juan Jose Vicente Rojas²

Resumen

La investigación se llevó a cabo en la zona Irpavi 2, zona sur de la ciudad de La Paz, se evaluó el efecto de tres tipos de luz en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) con filtros a través de películas de celulosa regenerada: violeta, azul, roja y un testigo o transparente; en las siguientes variables de respuesta: el peso de la raíz (PR), el peso total de la planta (PTP), la altura de planta (A), número de hojas (NH), altura de la raíz (AR) y ancho de la raíz (ANR). Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, cada repetición se consideró como unidad experimental: las unidades experimentales consistían en macetas con sustratos equivalentes y una estructura de alambre a modo de soporte para la película. En los resultados se puede destacar que existen diferencias notorias entre el testigo y los demás tratamientos, obteniendo los siguientes datos en el peso de la raíz: T1: Testigo (6.35 g), T4: Luz roja (3.72 g), T2: Luz violeta (2.41 g), T3: Luz azul (2.19 g), lo que indica que el ensayo dio resultados satisfactorios, aceptando el hecho de que existe diferencias en la aplicación de tipos de luz en el cultivo de rábano, logrando un peso de 6.35 g/planta con tratamiento testigo (blanco o transparente). Es decir que existe un efecto negativo en el comportamiento agronómico del cultivo de, los resultados indican que en el tratamiento testigo presenta el mejor promedio entre los demás tratamientos.

Palabras clave: rábano, rendimiento, luz, peso, agronomía, fotosíntesis.

INTRODUCCIÓN

En Bolivia, en los últimos años las hortalizas han cobrado una sorprendente importancia desde el punto de vista de la producción en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y a la captación de divisas que generan, sin embargo, si se observa desde la perspectiva de la dieta alimenticia con respecto al consumo de hortalizas es casi, insuficiente, debido al desconocimiento de la gran cantidad de hortalizas con propiedades nutritivas y medicinales que se producen en nuestro país (Pujro, 2002).

García (2011), menciona las bondades del rábano (*Raphanus sativus* L.) son varios: posee vitamina C, ideal para los dientes, huesos y valiosa por su acción antioxidante, como folatos, geniales para la gestación de glóbulos rojos y blancos. Es decir, que en los rábanos existe una buena cantidad de minerales.

La luz es la fuente de la energía en las plantas, distintas investigaciones indican este hecho: La fuente de energía más importante para todos los seres vivos es la luz solar. La energía luminosa se utiliza, con la ayuda de la fotosíntesis para la producción de compuestos orgánicos a partir de CO₂ y del agua (Koolman y Röhm, 2004).

Lo que claramente indica que las plantas necesitan un rango del espectro solar que llega a la superficie terrestre, este rango se encuentra en el espectro de luz visible, las longitudes de onda en esta región se denomina radiación fotosintéticamente activa las que utilizan las plantas para realizar la fotosíntesis y producir carbohidratos, el presente perfil de investigación busca evaluar tipos de luz predefinidos en el rango de la radiación fotosintéticamente activa.

¹ Egresado, Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3676-9495>, davidquispe1101@gmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9049-4668>, juanjosevicente1505@gmail.com

En resumen, la investigación se centra en evaluar el efecto de tres tipos de luz en el cultivo de rábano utilizando filtros de película de celulosa regenerada. Estos tipos de luz están dentro del rango de la radiación fotosintéticamente activa, que es crucial para la fotosíntesis y la producción de carbohidratos en las plantas. Los objetivos específicos incluyen analizar el rendimiento en peso, ancho y altura de la raíz, así como la altura de la planta y el número de hojas en el cultivo de rábano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se realizó en la zona Irpavi 2, zona sur de la ciudad de La Paz, geográficamente se encuentra a una latitud sur de 16°30'05.9" y una longitud oeste 68°04'29.0".

Materiales

Los materiales fueron: filtros de celulosa regenerada de distintos espectros (violeta, azul, roja), semilla de rábano, alambre galvanizado (como soporte de los filtros), tablón, semilla de rabanito, bolsas negras de nylon de 30 x 40 cm.

Metodología

La siembra de las semillas de rábano se realizó directamente en las macetas. Previamente, se preparó el lugar donde se colocarían las macetas, asegurándose de limpiar y nivelar la superficie. Los cubículos, forrados con películas de celulosa regenerada de diferentes colores o tipos de luz, se utilizaron para las unidades experimentales. La película de celulosa regenerada es una lámina delgada obtenida a partir de celulosa refinada procedente de madera o algodón no reciclados. Su empleo se justifica por su transparencia, biodegradabilidad y capacidad para reemplazar materiales plásticos en aplicaciones alimentarias y de envasado.

Además, se realizaron aberturas en el cubículo para permitir el ingreso de aire y mantener una temperatura adecuada. El sustrato utilizado en cada maceta fue homogéneo, siguiendo las recomendaciones específicas para el cultivo del rábano. A lo largo del experimento, se tomaron datos semanales sobre la altura de las plantas y el número de hojas. Al final del ciclo, se registraron datos adicionales, como el peso de la planta, el peso de la raíz, la altura de la raíz y el ancho de la raíz.

Ensayo en macetas

Cada maceta contó con cuatro plantas distribuidas con distancias equitativas entre sí, según Criollo y García (2011) una densidad de 4 plantas/maceta (equivalentes a 1.990.049 plantas/ha) produjo los mayores rendimientos de raíces (28.0 g/maceta), en comparación con 1 planta/maceta (497.512 plantas/a) con un rendimiento de 15.0 g/maceta.



Figura 1. Unidad experimental con cubierta la película de celulosa regenerada.

Los tratamientos fueron distribuidos de la siguiente manera en cada maceta-unidad experimental para evaluar el efecto de los tipos de luz sobre el cultivo; a) T1: Testigo (sin color o transparente), b) T2: luz violeta, c) T3: luz azul, d) T4: luz roja.

Diseño experimental

El trabajo de investigación fue un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Lo que se evaluó en función al modelo, fue medir la variación de los tratamientos más el error experimental. El modelo estadístico fue:

$$Y_{ij} = \mu + a_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = una observación cualquiera; μ = media poblacional; a_i = efecto del i-ésimo tratamiento o tipo de luz; ε_{ij} = error experimental.

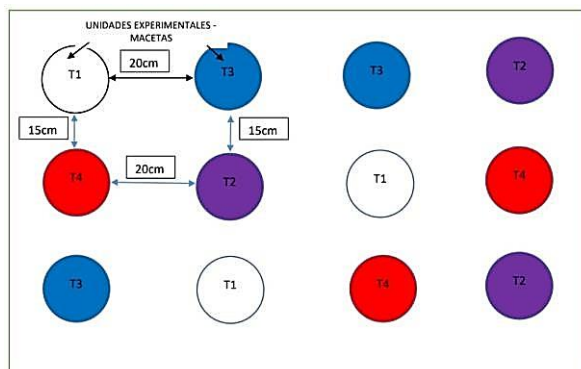


Figura 2. Distribución experimental.

Variables de respuesta

Se midió el peso de la raíz (PR), el peso total de la planta (PTP), la altura de planta (A), número de hojas (NH), altura de la raíz (AR) y ancho de la raíz (ANR).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La variable peso total de la planta en el análisis de varianza no registra diferencias significativas en sus medias, el coeficiente de variabilidad tiene un valor de CV=39.2 % indica que elevada variabilidad entre unidades intra tratamientos y que se debe tomar consideraciones importantes para su análisis.

Por otra parte, la altura de la raíz no registró diferencias significativas en las medias ($P > 0.05$) por efecto de los tipos de luz, por lo que queda observar que su coeficiente de variabilidad es igual $CV = 14.21\%$, lo que muestra que los datos tuvieron un buen manejo de unidades experimentales, puesto que se encuentran en un rango aceptable.

El ancho de la raíz registró diferencias significativas ($P < 0.05$) en al menos un tratamiento por efecto de los tipos de luz, por lo que queda observar que su coeficiente de variabilidad es igual $CV = 22.69\%$, es muestra de que los datos tuvieron un buen manejo de unidades experimentales, ya que se encuentran en un rango aceptable.

Tabla 1. Resumen de análisis de varianza de las variables agronómicas medidas a la cosecha.

	Altura de la planta (cm)	Peso total de la planta (g)	Altura de la raíz-bulbo (cm)	Ancho de la raíz-bulbo (cm)	Número de hojas (conteo directo)
GL	3	3	3	3	3
CM	14.85	8.51	0.37	0.5	0.64
P	0.1418	0.4442	0.2212	0.0427	0.3983
	ns	ns	ns	*	ns
CV	21.04	39.2	14.21	22.69	11.88

La prueba Duncan en la Tabla 3, muestra que el tratamiento con mejor rendimiento en el ancho de la raíz es el tratamiento de Testigo (luz blanca o transparente), con un promedio de 2.07cm. Según Bures (2018), la luz roja es percibida por los fitocromos. Los fitocromos absorben tanto la luz roja como la roja lejana, y son los principales reguladores de la respuesta del síndrome de huida de la sombra. La luz roja convierte los fitocromos a su estado inactivo, Pr, que tiene un pico de absorción a 660 nm. La forma Pr del fitocromo se sintetiza en la oscuridad o en condiciones de luz roja lejana.

En la Tabla 2 se muestra la frecuencia de los pesos medidos en la raíz del cultivo mismo que fue evaluada en las variables: PR. El análisis de la varianza para PR mostró una diferencia altamente significativa en al menos un tratamiento de los tipos de luz ($P < 0.01$). Al aplicar la prueba Duncan se observó que el tratamiento: testigo (sin color o transparente) presentó una diferencia estadística ante los demás tratamientos: luz violeta, azul y roja.

Los resultados mostrados en la Tabla 2 indican que existen diferencias significantes entre el testigo y los demás tratamientos, logrando un peso de 6.35 g/planta con tratamiento testigo (blanco o transparente). La luz roja logró un promedio de peso en las raíces de 3.72 g/planta lo que indica que este tratamiento tiene un mayor promedio entre los tipos de luz aplicados al experimento.

Para los diferentes tipos de luz aplicados en la prueba Duncan (Tabla 1) se muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) respecto a PR que se traduce en un decrecimiento en la planta con respecto a los demás tratamientos o tipos de luz, según Bures (2018) estos resultados se atribuyen a que las plantas realiza fotosíntesis que produce crecimiento vegetal (biomasa), las otras funciones de las plantas (germinación, floración, etc.) dependen también de la luz, pero no tanto en su cantidad sino por la presencia de diferentes longitudes de onda en cantidades suficientes para desencadenar un efecto concreto.

Tabla 2. Prueba Duncan para el peso de la raíz con diferentes tratamientos de tipos de luz.

Tratamientos	Media (g)	n	E.E.	Duncan (5 %)
T1: Testigo	6.35	3	0.64	A
T4: Luz roja	3.72	3	0.64	B
T2: Luz violeta	2.41	3	0.64	B
T3: Luz azul	2.19	3	0.64	B

Los resultados de la prueba Duncan (5 %) evidencian que el mayor promedio es la que registró el tratamiento testigo. Los tratamientos: luz roja, violeta, azul tienen similitud estadística entre sí; esto indica que el peso de las raíces se ve afectado negativamente por efecto de los tipos de luz en el cultivo de rábano ocurriendo un decremento de ancho de raíz.

La altura de planta medida a la cosecha presenta un resultado no significativo en cuanto a los diferentes tipos de luz ($P > 0.05$). Se considera estos resultados como confiables ya que el coeficiente de variabilidad se encuentra en los rangos aceptables $CV = 21.04\%$ ($CV < 30\%$).

En cuanto al número de hojas se pudo evidenciar que no existen diferencias significativas entre sus medias por efecto de los tipos de luz ($P > 0.05$), y que su coeficiente de variabilidad está dentro del rango aceptado $CV = 11.88\%$, por lo que estos datos son confiables.

Tabla 3. Prueba Duncan para el ancho de la raíz en cm a la cosecha.

Tratamiento	Media (cm)	n	E.E.	Duncan (5 %)	
T1	2.07	3	0.2	A	
T4	1.53	3	0.2	A	B
T2	1.23	3	0.2	B	
T3	1.17	3	0.2	B	

Bures (2018), indica que la luz UV-B es captada por el fotorreceptor UVR8. A grandes dosis es perjudicial para las plantas, puesto que degrada el ADN. Sin embargo, a pequeñas dosis, tanto la UV-B como la UV-A aumentan la tolerancia al estrés de las plantas. En general, las plantas cultivadas bajo luz ultravioleta tienen hojas gruesas y tallos y entrenudos cortos.

Los fitocromos se encargan principalmente de hacerlas florecer y de generar semillas. Afectan a la elongación de los tallos, la expansión de las hojas, el “Síndrome de huida de la sombra” (Shade avoidance) y perciben los cambios entre las proporciones de luz roja y roja lejana (Bures, 2018).

CONCLUSIONES

El presente trabajo reporta efectos negativos en el rendimiento del cultivo de rábano y su comportamiento agronómico. El tratamiento con mayor porcentaje en el peso de las raíces fue el testigo, lo cual es de suma importancia ya que este cultivo se basa en la producción de raíz. Los diferentes tipos de luz mostraron un descenso en el rendimiento en las variables de peso y altura de la raíz en comparación con el tratamiento testigo. Esto sugiere que la luz natural es más efectiva para el desarrollo de la raíz del rábano. No se observaron diferencias significativas en las demás variables evaluadas (altura de planta, número de hojas), indicando que los tipos de luz no afectan estas características de manera considerable. Los tratamientos con luz roja y violeta mostraron mejores resultados en cultivos de hoja, evidenciados por una mayor área foliar, lo cual sugiere que estas longitudes de onda son más adecuadas para plantas que no se cultivan principalmente por sus raíces.

Para cultivos que se cosechan por sus hojas, como ciertas hortalizas de hoja verde, el uso de luz roja y violeta puede ser beneficioso. Sin embargo, para cultivos de raíz como el rábano, es recomendable utilizar luz natural o tipos de luz que simulen de manera más cercana el espectro completo de la luz solar.

Es importante profundizar en la comprensión y la diferenciación de los cambios fisiológicos inducidos por las diversas longitudes de onda de luz. Este enfoque permitiría ampliar nuestro conocimiento sobre la fotomorfogénesis en el cultivo de rábano. En última instancia, esta información podría ser de gran utilidad para la producción agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

Bures, S. (2018). Iluminación artificial en agricultura. Valencia: SPE3.

Criollo, H., & García, J. (2011). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), 210–222. <https://doi.org/10.17584/rcch.2009v3i2.1214>

García, A. (2011). *Correrás Sin Fatigarte y Andarás Sin desmayar*. EEUU: Palibrio.

Koolman, J., & Röhm, K.-H. (2004). *Bioquímica Texto y Atlas*. Madrid: Médica Panamericana. Ochoa, R. (2009). *Diseños Experimentales*. La Paz: Facultad de Agronomía, UMSA.

Pujro, V. (2002). Introducción de seis variedades de nabo (*Brassica napus* L.) en dos zonas agroecológicas del departamento de La Paz. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía.