

Efecto del acolchado en repollo cultivado en el Valle de Mexicali

Isabel Escobosa-García¹
María Magdalena Vázquez-Medina¹
Blancka Yesenia Samaniego-Gómez¹
Raúl Enrique Valle-Gough¹
Juan Carlos Vázquez-Angulo²
Fidel Núñez-Ramírez^{1§}

¹Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Carretera a Delta s/n, ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. CP. 21705. (isabel.escobosa@uabc.edu.mx; magdalena.vazquez@uabc.edu.mx; samaniego.blancka@uabc.edu.mx; raul.valle@uabc.edu.mx). ²Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín Baja California. Carretera Transpeninsular km 180.2, ejido Padre Kino, San Quintín, Baja California, México. CP. 22930. (jcva@uabc.edu.mx).

§Autor por correspondencia: fidel.nunez@uabc.edu.mx

Resumen

El uso del acolchado en suelo para producir hortalizas incrementa el rendimiento y la calidad de los productos cosechados; sin embargo, estos incrementos se encuentran condicionados al tipo de acolchado, ya sea plástico u orgánico. Se realizó un experimento en el cultivo de repollo (*Brassica oleracea* L. var *Capitata*) durante la temporada de 2021-2022, con el objetivo de evaluar su respuesta sobre la eficiencia en el uso del agua, nutrición mineral y rendimiento a cuatro tipos de acolchados en suelo. Se evaluaron cuatro tratamientos (suelo con acolchado plástico color negro, color blanco, acolchado con paja de trigo y un control sin acolchar) distribuidos bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que el acolchado plástico blanco incrementó la biomasa total, el peso del repollo y peso de las hojas, en comparación al resto de los tratamientos. El uso de ambos acolchados plásticos (blanco y negro) incrementó la concentración de nitratos en el extracto celular de la nervadura central. La temperatura foliar incrementó solo por el uso del acolchado plástico negro. Finalmente, la eficiencia en el uso del agua resultó mayor en los tratamientos con acolchado plástico y menor en el suelo sin acolchar. Considerando la mayor eficiencia en el uso del agua, rendimiento y nutrición mineral se concluyó que el suelo con acolchado plástico es el más recomendable para producir repollo en el valle de Mexicali, México.

Palabras clave: *Brassica oleracea* L, agua de riego, nutrición mineral, plasticultura.

Recibido: mayo de 2022

Aceptado: agosto de 2022

Introducción

Actualmente en el valle de Mexicali en el noroeste de México, existe una dinámica de reconversión de cultivos, debido a que se presenta una baja rentabilidad en la producción de estos. Cultivos como algodón (*Gossypium hirsutum* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y alfalfa (*Medicago sativa* L.) han sido gradualmente reemplazados por cultivos hortícolas. De todas las hortalizas cultivadas sobresalen aquellas producidas durante el invierno. Entre ellas destacan crucíferas como el brócoli (*Brassica oleracea* var *Italica*), la coliflor (*Brassica oleracea* var *Botrytis* L.), la col de bruselas (*Brassica oleracea* var *Gemmifera*) y el repollo (*Brassica oleracea* L. var *Capitata*) (Atlas-Agroalimentario, 2020; Robinson, 2010). En general estas hortalizas se manejan bajo sistema de riego presurizado, en su mayoría riego por goteo, aunque recientemente se ha introducido la técnica de la plasticultura.

Esta tecnología permite modificar el medio de crecimiento e incrementar el rendimiento y calidad de los productos cosechados. Al respecto, la modificación del ambiente del suelo a través de los acolchados impacta directamente en el desarrollo y crecimiento de los cultivos (Kader *et al.*, 2017). Lo anterior es resultado a que según el tipo de acolchado, la temperatura, la humedad y algunas propiedades físicas y biológicas del suelo resultan modificadas (Mulumba y Lal, 2008). Usualmente se utilizan acolchados plásticos de diferente color (Amare y Desta, 2021) y acolchados orgánicos provenientes de residuos de cosecha (Li *et al.*, 2013). En Mexicali, Baja California, México, se experimenta un crecimiento en la superficie establecida en un grupo de cultivos pertenecientes a las crucíferas.

Entre ellos destaca la producción de repollo. Lo anterior se debe a que es uno de los más promisorios en cuanto a obtener alto rendimiento por unidad de agua aplicada. Sin embargo, no existe información local que cuantifique el efecto que tiene el uso de diferentes tipos de acolchados sobre el cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia en el uso del agua, el rendimiento y calidad y el estado nutrimental del cultivo de repollo por efecto de diferentes tipos de acolchado.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicado en el ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México (32° 24' latitud norte y 115° 11' longitud oeste). En esta región agrícola prevalece un clima desértico cálido, extremoso en demasía y régimen de lluvias en invierno BW (h') hs (x') (e') (García, 1970). Las condiciones de temperatura fueron tomadas de una estación meteorológica ubicada a 450 m del sitio de experimentación (Figura 1). En este sitio, el suelo posee textura arcillosa tipo Vertisol hiposálico calcárico. Las características químicas del agua y el suelo se presentan en el (Cuadro 1).

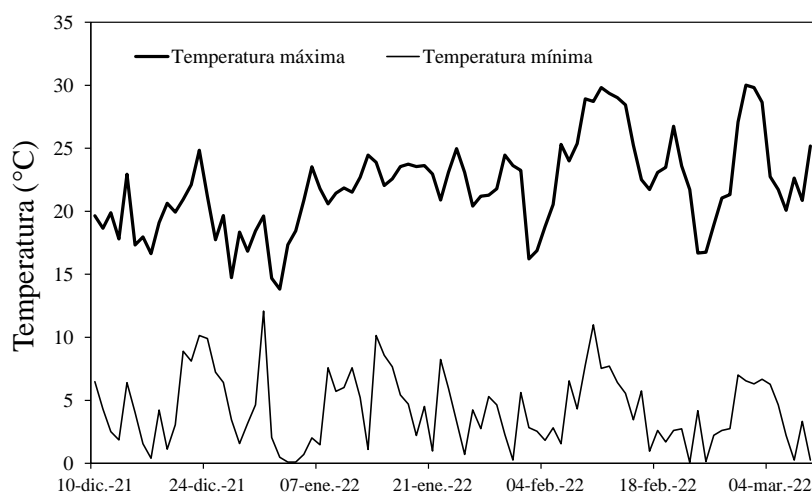


Figura 1. Evolución de las temperaturas máximas y mínimas en el cultivo de repollo (Mexicali, BC).

Cuadro 1. Características químicas del agua y del suelo en el que se llevó a cabo el experimento[†].

Parámetros en suelo	Valor	Parámetros en agua	Valor
Potencial de hidrógeno	8.4	Potencial de hidrógeno	8.01
Conductividad eléctrica	4.5 dS m ⁻¹	Conductividad eléctrica	4.5 dS m ⁻¹
Nitrógeno total	3.3 mg kg ⁻¹	Potasio	0.12 meq L ⁻¹
Fósforo Olsen	7.9 mg kg ⁻¹	Sodio	5.65 meq L ⁻¹
Potasio	733 mg kg ⁻¹	Calcio	5.9 meq L ⁻¹
Calcio	175 mg kg ⁻¹	Magnesio	1.79 meq L ⁻¹
Magnesio	315 mg kg ⁻¹	Bicarbonatos	2.49 meq L ⁻¹

[†]= determinaciones de acuerdo con la NOM-021-RECNAT (2000).

Establecimiento y diseño experimental

La siembra se realizó el 19 de octubre de 2021 bajo condiciones de invernadero. Se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades. Como sustrato para la siembra se utilizó musgo de turba de sphagnum canadiense (LM-GPS Canada). La variedad de la planta fue Charmant (F1 Hybrid) (Sakata Seed America, Inc. USA). Posteriormente, en campo, se levantaron camas de siembra orientadas de norte a sur, con separación de 1.6 m y con una altura de 20 cm. Se instaló un sistema de riego con doble cintilla [Toro, Aqua-Traxx, San Nicolás de los Garza, NL, México (gasto por gotero: 1 L h⁻¹; separados a 20 cm)].

El trasplante se realizó el 14 de diciembre de 2021, a una densidad de 3.1 plantas m⁻². Se evaluaron cuatro tratamientos: suelo con acolchado plástico negro, suelo con acolchado plástico blanco, suelo con acolchado con paja de trigo y suelo desnudo como control. Para el tratamiento de paja de trigo, esta se colocó justo dos semanas después del trasplante, utilizando una cantidad aproximada de 500 g de paja por cada metro lineal de cada cama. Los tratamientos fueron distribuidos utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Desde el trasplante hasta los 35 días después del mismo, se aplicó una lámina de riego de 100 mm a todos los tratamientos. Posteriormente cada tratamiento se irrigó por separado considerando lecturas de tensiómetros de humedad (Irrrometer Co. Riverside, CA. EU) colocados a una profundidad de 30 cm. De los 35 a los 45 días después del trasplante (ddt), cada riego se realizó cuando el tensiómetro alcanzó lecturas de 20 kPa después de los 45 ddt, cuando el tensiómetro alcanzó lecturas entre los 10 y 15 kPa.

Manejo agronómico

Durante el experimento se aplicó en forma semanal fraccionada una dosis de 320, 90, 200, 38 y 15 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Se utilizaron como fuentes fertilizantes, urea (CO₂ [NH₂]₂), nitrato de potasio (KNO₃), nitrato de calcio [Ca (NO₃)₂] y sulfato de magnesio (MgSO₄). Las plagas que se presentaron fueron trips (*Thrips tabaci*) y larvas de la palomilla del dorso de diamante (*Plutella xylostella*). Ambas se controlaron con aplicaciones semanales de Acetamiprid (Aval; Potecin, SA, Qro., México) y extractos herbáceos de origen natural [(*Capsicum frutescens*, *Allium canadense* y *Anemone multifida*) (Servicid, EDOCA, Querétaro, México)].

Asimismo, en el tratamiento control (suelo desnudo) se realizaron dos aspersiones foliares del herbicida Clethodim [(5RS)-2-[(E)-1-[(2E)-3-cloroaliloxiimino)propil]-5-[(2RS)-2-(etiltio)propil]-3-hidroxiciclohex-2-en-1-ona (Arysta Life Science México, SA de CV). Con el objetivo de controlar grama común (*Cynodon dactylon*). Para el caso de las malezas de hoja ancha como quelite (*Amaranthus* spp.) y malva (*Malva sylvestris*) se controlaron de forma manual realizando escardes.

Variables evaluadas

A los 55, 80 y 90 ddt, se realizaron muestreos de la nervadura central de hojas de plantas de repollo con el objetivo de medir en el extracto celular (EC) la concentración de nitratos (NO₃) y potasio (K). Los muestreos consistieron en coleccionar cinco nervaduras de las hojas más recientemente maduras por tratamiento. Las muestras se congelaron (-1 °C) para posterior análisis. Al final del estudio, se descongelaron y se les extrajo el EC utilizando una prensa de ajos. Las determinaciones de NO₃ y K, se realizaron utilizando un ionómetro portátil (LAQUAtwin B-743, Horiba, Kyoto, Japan).

A los 85 ddt (07 de marzo de 2022), se realizó una medición de temperatura justo en la cabeza de la planta de repollo. Esta variable se obtuvo en un horario de 12:00 a 13:00 h del día. La medición se realizó en diez plantas por cada tratamiento. Se utilizó un termómetro (Fluke 574, Fluke Co., Everett, WA, EU). Adicionalmente se consideró la temperatura ambiental durante el desarrollo de esta actividad (Erdem *et al.*, 2010). La cosecha se realizó a los 100 ddt. Se seleccionó un área de 3.5 m² de la parte central de cada parcela experimental y las plantas fueron cosechadas.

Se pesó la planta completa. Después se quitaron las hojas que cubrían la cabeza o repollo (cosecha comercial) y ambas partes se pesaron por separado. Con ambos datos, se obtuvo el índice de cosecha. La eficiencia en el uso del agua se obtuvo para la planta completa, la cabeza o repollo y para las hojas de la planta. Esta variable se obtuvo luego de dividir la biomasa del cultivo expresado como kg ha⁻¹ entre la lámina de riego expresada en milímetros (Pascale *et al.*, 2011).

Análisis estadístico

Todos los datos obtenidos se les realizó análisis de varianza con Minitab 17 (Minitab, 2017). La diferencia de medias fue realizada mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Condiciones de clima

La Figura 1, muestra las condiciones de temperatura ocurridas durante el experimento. En general las temperaturas fueron óptimas para el crecimiento y desarrollo del cultivo (Criddle *et al.*, 1997). Las temperaturas máximas se mantuvieron en el orden de los 14 a los 30 °C, mientras que las mínimas fueron de 0 a 12 °C, con una media de 16 °C. Estas condiciones de temperatura son muy comunes en el Valle de Mexicali y han sido prevaeciente por los últimos cuarenta años (Ruiz-Corral *et al.*, 2006).

Nitratos y potasio en EC

Las concentraciones de NO₃ en el EC de la nervadura central fueron las únicas que variaron por efecto del tipo de acolchado (Cuadro 2). A los 55 ddt, la mayor concentración de NO₃ se encontró en el suelo acolchado plástico negro, mientras que las menores fueron en el control. A los 80 ddt, los suelos con acolchado plástico fueron mayores que en los tratamientos con paja de trigo y el control. Para el caso de la concentración de K en EC, no hubo cambios significativos entre los tratamientos ni entre las fechas de muestreo. Las concentraciones de K en EC de la nervadura central estuvieron en el orden de los 2 250 a 3 675 mg L⁻¹.

Cuadro 2. Concentración de nitratos (NO₃) y potasio (K) en el extracto celular de la nervadura central del cultivo de repollo por efecto de diferentes tipos de acolchados.

Tratamiento	NO ₃	K	NO ₃	K	NO ₃	K
	55 ddt (mg L ⁻¹)		80 ddt (mg L ⁻¹)		90 ddt (mg L ⁻¹)	
Plástico negro	6 875 (±861) a [†]	2 975 (±206)	6 250 (±378) a	2 775 (±95)	6 825 (±925)	3 675 (±262)
Plástico blanco	5 500 (±326) bc	2 900 (±115)	6 975 (±596) a	2 800 (±182)	6 000 (±476)	3 325 (±250)
Paja de trigo	5 900 (±365) ab	3 100 (±81)	5 325 (±419) b	2 575 (±125)	6 150 (±675)	3 350 (±238)
Control	4 775 (±298) c	3 000 (±115)	4 275 (±309) c	2 550 (±173)	6 925 (±457)	3 300 (±270)
Significancia	0.001	0.28	< 0.001	0.068	0.168	0.184

[†]= diferentes letras dentro de la misma columna significan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Al respecto Llanderal *et al.* (2020) refieren que factores como la evapotranspiración del cultivo, el déficit de presión de vapor y el índice de área foliar, repercuten ampliamente en las concentraciones de NO₃ y K en los cultivos. Estos factores son importantes de considerar, debido a que los cultivos presentan diferente desarrollo y crecimiento debido a la utilización de diferentes tipos de acolchado (Tarara, 2000; Kader *et al.*, 2017). Al respecto, Amare y Desta (2021) mencionan que las hortalizas

cultivadas durante el invierno con suelo acolchado negro presentan un mayor crecimiento aquellas cultivadas con otro tipo de acolchados lo que en consecuencia modifica los parámetros anteriormente señalados.

Por otro lado, investigaciones recientes en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) demuestran que la presencia de nitratos en suelo así como la absorción de nitrógeno por las plantas crecidas en suelos con acolchado plástico es mayor que en plantas crecidas en suelos sin acolchar (Wang *et al.*, 2018a). Por ejemplo, en suelos acolchados con plástico la concentración de nitratos en el perfil de los 20 cm se incrementa en alrededor de 30% (Ma *et al.*, 2018b) lo que en consecuencia, hace que estas plantas incrementen la absorción y distribución de nitratos en sus tejidos (Wang *et al.*, 2018a).

Temperatura de la planta

El conocimiento de la temperatura foliar es una forma indirecta de conocer el estado hídrico de la planta con respecto a la humedad del suelo. Lo anterior en teoría significa que, si una planta al medio día, tiene una temperatura foliar cercana a la temperatura ambiental es una planta que sufre estrés por falta de riego (Katimbo *et al.*, 2022). En este estudio, la temperatura de las plantas estuvo en el orden de los 17.9, 14.6, 13.5 y 11.6 °C, para los acolchados de plástico color negro y blanco, paja de trigo y suelo desnudo respectivamente. Asimismo, la temperatura media ambiental estuvo en el orden de los 20.3 °C (Figura 2).

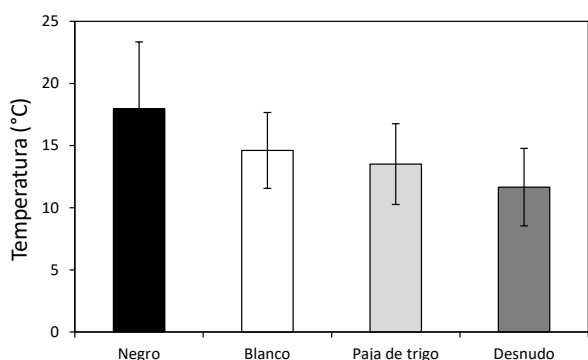


Figura 2. Temperatura foliar del cultivo de repollo por el efecto de diferentes tipos de acolchados.

Si bien, la temperatura de las plantas acolchadas con plástico negro estuvo cercana de la temperatura ambiental, esta no se considera perjudicial para el cultivo, ya que se encuentra dentro de las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo (5.0 a 32 °C) (Warland *et al.*, 2006; Ji *et al.*, 2017). Por el contrario, considerando los valores de 17.9 °C, el crecimiento de las plantas con acolchado plástico negro presentaron una tasa de crecimiento superior a las del resto de los tratamientos. Paranhos *et al.* (2016) indican que el incremento de la temperatura ambiental y de la radiación solar recibida por las plantas de repollo, influye grandemente sobre su crecimiento.

Por otro lado, la diferencia en el grado de hidratación de las plantas entre los tratamientos podría ser explicado por los diferentes ambientes que proveyó cada tratamiento en el desarrollo de la raíz de las plantas. Lo anterior debido a que el desarrollo radicular de estas, se encuentra condicionado al ambiente en el cual crecen (Amare y Desta, 2021). Estudios demuestran que las plantas

cultivadas en otoño sobre suelo desnudo y sobre suelos con acolchado plástico, presentan diferente fluctuación de temperaturas mínimas y máximas en el suelo durante el día (Díaz-Pérez, 2009), lo que trae como efecto que el desarrollo y crecimiento radicular pueda ser diferente entre las plantas (Luo *et al.* (2020). De tal manera que dependiendo del desarrollo radicular, se tiene efecto en el grado de hidratación de las plantas (Comas *et al.*, 2013).

Rendimiento

El rendimiento en el cultivo de repollo fue afectado por el acolchado de las plantas (Cuadro 3). De manera general las plantas cultivadas con acolchado plástico blanco tuvieron el mayor rendimiento de biomasa fresca total, del repollo (cabeza), de las hojas y de peso individual de repollo que el tratamiento paja de trigo. El mayor rendimiento de repollo (cabeza) estuvo en el orden de las 51.21 a las 45.82 t ha⁻¹, mientras que el menor fue de 44.53 t ha⁻¹. Estos rendimientos son mayores a los publicados en el Atlas Agroalimentario 2020 (Atlas-Agroalimentario-2020, 2020) el cual indica que para la región del Valle de Mexicali el rendimiento es de 33 t ha⁻¹.

Cuadro 3. Rendimiento de biomasa fresca, peso del repollo, peso de las hojas e índice de cosecha en el cultivo de repollo por efecto de diferentes tipos de acolchados.

Tratamiento	Rendimiento total	Repollo	Hojas	Índice de cosecha	Peso por repollo
	(t ha ⁻¹)				(kg)
Plástico negro	69.91 (±4.74)bc [†]	45.82 (±2.24)ab	24.13 (±2.6)bc	0.65 (±0.05)	1.432 (±0.7)ab
Plástico blanco	76.52 (±4.49)a	51.21 (±2.38)a	25.32 (±2.82)a	0.66 (±0.05)	1.6 (±0.74)a
Paja de trigo	65.41 (±12.59)c	44.53 (±10.67)b	20.81 (±3.97)c	0.68 (±0.07)	1.39 (±0.64)b
Control	67.23 (±11.07)c	45.22 (±10.69)ab	22.01 (±3.4)bc	0.67 (±0.07)	1.414 (±0.7)ab
Significancia	< 0.001	0.035	0.018	0.319	0.034

[†]= diferentes letras dentro de la misma columna significan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Otros cultivos en los que se utiliza el acolchado plástico presentan la misma tendencia al reportar el rendimiento. En papa (*Solanum tuberosum*) y pepino (*Cucumis sativus*) el color de acolchado incrementa la temperatura en el suelo con relación al suelo desnudo, sobre todo al inicio de la estación de crecimiento del cultivo (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2011; López-Tolentino *et al.*, 2017). Por otra parte, en referencia a los cultivos acolchados con paja de trigo, los reportes indican que algunas veces estos pueden rendir menos que aquellos cultivados en suelos sin acolchado, sobre todo aquellos cultivados en invierno. Lo anterior es debido a que la paja sobre el suelo impide su calentamiento manteniéndolo fresco por mayor tiempo (Kosterna, 2014).

Eficiencia en el uso del agua

Por la importancia que tiene el agua de riego en el rendimiento de los cultivos, recientemente se ha propuesto considerar la bioproductividad de los mismos por unidad de agua aplicada y no por superficie de siembra cosechada (De Pascale *et al.*, 2011). Lo anterior implica conocer el balance de agua en el suelo, el tipo de acolchado (orgánico o inorgánico), el color, la biodegradabilidad, la densidad de población del cultivo en cuestión y la medición del agua aplicada al suelo durante la estación de crecimiento del cultivo (Tarara, 2000; Kader *et al.*, 2017; Biswas *et al.*, 2022).

En este estudio, el tratamiento con acolchado plástico negro fue en que recibió la menor lámina de riego, seguido por el tratamiento con acolchado de paja de trigo, el acolchado plástico blanco y finalmente el suelo desnudo (Cuadro 4). La mayor eficiencia en el uso del agua de riego (EUAR) para la variable de rendimiento total fue para los dos tratamientos con acolchado de plástico. Esto significó que, aunque el rendimiento total fue mayor con el acolchado plástico blanco (Cuadro 3), también se requirió de una mayor cantidad de agua para producirlo. En promedio se produjeron 288.2 kg ha⁻¹ de biomasa de planta completa por cada mm de lámina de riego aplicada.

Cuadro 4. Eficiencia del uso de agua en repollo por efecto de diferentes tipos de acolchados.

Tratamiento	Lámina de riego	EUAR rendimiento total	EUAR repollo	EUAR hojas
	(mm)	(kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)		
Plástico negro	234	298.9 (±62.5) a [†]	195.7 (±15.3) a	103.1 (±24.1) a
Plástico blanco	276	277.5 (±59.6) a	185.6 (±16.4) ab	92 (±19.2) a
Paja de trigo	271	241.6 (±48.3) b	164.5 (±21.7) b	77 (±21.9) ab
Control	337	199.6 (±41.4) c	134.2 (±18.1) c	65.3 (±18.4) b
Significancia		< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

[†]= diferentes letras dentro de la misma columna significan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$); EUAR= eficiencia en el uso del agua de riego.

Para el caso de la EUAR para la producción de biomasa de repollo (cabeza) y la biomasa fresca de las hojas, acolchar o no el suelo produjo grandes diferencias. En el suelo con acolchado plástico negro, se produjeron 195.7 kg ha⁻¹ de repollos por cada mm de lámina de agua de riego mientras que, en el suelo desnudo solo se produjeron 134.2 kg ha⁻¹. Lo anterior significa un incremento en la EUAR de 45.8%. Por otro lado, para el caso de las hojas, los resultados mostraron que acolchar el suelo con plástico (negro o blanco), se produjeron un promedio de 97.5 kg ha⁻¹ de hojas de la planta de repollo por cada mm de agua aplicada mientras que, para el suelo desnudo, solo se obtuvieron 65.3 kg ha⁻¹. Un incremento de 49% de incremento en el UEAR.

A diferencia de otros cultivos crucíferos, el órgano de interés en repollo está compuesto por hojas (cabeza). Las hojas, son el principal órgano por el cual sucede la transpiración y fijación de CO₂, estudios indican que se requieren hasta 400 moléculas de agua transpiradas por cada molécula fijada de CO₂ (Blum, 2005). En este sentido, la utilización de los acolchados en la producción de repollo reduce los requerimientos de agua e incrementa el UEAR, lo que beneficia grandemente este cultivo. Como un ejemplo de esto, Biswas *et al.* (2022) evaluó el acolchar un suelo con paja de arroz y no acolcharlo y encontraron un incremento en la EUAR de 30%.

Conclusiones

La eficiencia en el uso del agua resultó mayor en los tratamientos acolchado con plástico independientemente del color utilizado, mientras que resultó menor en el suelo desnudo. Asimismo, generalmente el suelo con acolchado plástico negro resultó con la mayor concentración de NO₃. En el extracto celular. Finalmente, el mayor rendimiento comercial lo obtuvo el suelo con acolchado plástico blanco y el menor fue con el suelo acolchado con paja de trigo. El peso de repollo (cabeza) resultó mayor con acolchado plástico blanco. Considerando la eficiencia en el uso del agua de riego y el rendimiento comercial, se recomienda el uso del acolchado plástico blanco.

Agradecimiento

Se agradece el apoyo recibido por la convocatoria de SEP, NPTC 2020, folio UABC-PTC-866.

Literatura citada

- Amare, G. and Desta, B. 2021. Colored plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 8(4):1-19. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00201-8>.
- Biswas, T.; Bandyopadhyay, P. K.; Nandi, R.; Mukherjee, S.; Kundu, A.; Reddy, P.; Mandal, B. and Kumar, P. 2022. Impact of mulching and nutrients on soil water balance and actual evapotranspiration of irrigated winter cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Agric. Water Manag.* 263(1):107456. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107456>.
- Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. *Austr. J. Agric. Res.* 56(11):1159-1169. <https://doi.org/10.1071/AR05069>.
- Comas, L. H.; Becker, S. R.; Cruz, V. M.; Byrne, P. F. and Dierig, D. A. 2013. Root traits contributing to plant productivity under drought. *Front. Plant Sci.* 4(442):1-16.
- Criddle, R. S.; Smith, B. N. and Hansen, L. D. 1997. A respiration-based description of plant growth rate responses to temperature. *Planta.* 201(1):441-445. <https://doi.org/10.1007/s004250050087>.
- Díaz, P. J.C. 2009. Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli [*Brassica oleracea* (Plenck) var. *Italica*] as affected by plastic film mulches. *Sci. Hortic.* 123(2):156-163. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.08.014>.
- Erdem, Y.; Arin, L.; Erdem, T.; Polat, S.; Deveci, M.; Okursoy, H. and Gültaş, H. T. 2010. Crop water stress index for assessing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). *Agric. Water Manag.* 98(1):148-156. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.08.013>.
- García, E. 1970. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Serie Libros. México, DF. 90 p. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>.
- Ibarra, J. L.; Lira, S. R. H.; Valdez, A. L. A. and Lozano, R. J. 2011. Colored plastic mulches affect soil temperature and tuber production of potato. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 61(4):365-371. <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.495724>.
- Ji, R.; Min, J.; Wang, Y.; Cheng, H.; Zhang, H. and Shi, W. 2017. In-season yield prediction of cabbage with a hand-held active canopy sensor. *Sensors (Basel, Switzerland).* 17(10):1-14. <https://doi.org/10.3390/s17102287>.
- Kader, M. A.; Senge, M.; Mojid, M. A. and Ito, K. 2017. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil Tillage Res.* 168(1):155-166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>.
- Katimbo, A.; Rudnick, D. R.; DeJonge, K. C.; Lo, T. H.; Qiao, X.; Franz, T. E.; Nakabuye, H. N. and Duan, J. 2022. Crop water stress index computation approaches and their sensitivity to soil water dynamics. *Agric. Water Manag.* 266(2):1-16. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107575>.
- Kosterna, E. 2014. The yield and quality of broccoli grown under flat covers with soil mulching. *Plant Soil.* 60(5):228-233. <https://doi.org/10.17221/168/2014-PSE>.

- Llanderal, A.; García, C. P.; Pérez, A. J.; Contreras, J. I.; Segura, M. L.; Reza, J. and Lao, M. T. 2020. *Agronomy*. 10(12):1-12. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020188>.
- Li, S. X.; Wang, Z. H.; Li, S. Q.; Gao, Y. J. and Tian, X. H. 2013. Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. *Agric. Water Manag.* 116(1):39-49. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.10.004>.
- López, T. G.; Ibarra, J. L.; Méndez, P. A.; Lozano, R. A. J.; Lira, S. R. H.; Valenzuela, S. J. H.; Lozano-Cavazos, C. J. and Torres, O. V. 2017. Photosynthesis, growth, and fruit yield of cucumber in response to oxo-degradable plastic mulches. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 67(1):77-84. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1224376>.
- Luo, H.; Xu, H.; Chu, C.; He, F. and Fang, S. 2020. High temperature can change root system architecture and intensify root interactions of plant seedlings. *Front. Plant Sci.* 11(160):1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00160>.
- Ma, D.; Chen, L.; Qu, H.; Wang, Y.; Misselbrook, T. H. and Jiang, R. 2018. Impacts of plastic film mulching on crop yields, soil water, nitrate, and organic carbon in Northwestern China: a meta-analysis. *Agric. Water Manag.* 202(1):166-173. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.02.001>.
- Mulumba, L. N. and Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Tillage Res.* 98(1):106-111. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.011>.
- NOM-021-RENAT. 2000. Norma Oficial Mexicana 021. Diario Oficial. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>.
- Paranhos, L. G.; Barret, C. E.; Zotarelli, L.; Darnell, R.; Migliaccio, K. and Borisova, T. 2016. Planting date and in-row plant spacing effects on growth and yield of cabbage under plastic mulch. *Sci. Hortic.* 202(20):49-56.
- Pascale, S.; Dalla, C. L.; Vallone, S.; Barbieri, G. and Maggio, A. 2011. Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. *Hort. Technol.* 21(2):301-308. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.21.3.301>.
- Robinson, J. 2010. Producción de brasicáceas en México. *Hortalizas. Revista digital.* <https://www.hortalizas.com/cultivos/coles-de-hojas/produccion-de-brasicaceas-en-mexico/>.
- Ruiz-Corral, J. A.; Díaz-Padilla, G.; Guzmán-Ruiz, S. D.; Medina-García, G. y Silva-Serna, M. M. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Baja California (período 1961-2003). Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro técnico núm. 1. 167 p. <http://www.simarbc.gob.mx/descargas/estadclimatologica-inifap.pdf>.
- Tarara, J. M. 2000. Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience.* 35(2):169-180. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.2.169>.
- Wang, X.; Wang, N.; Xing, Y. and Ben El Caid, M. 2018a. Synergetic effects of plastic mulching and nitrogen application rates on grain yield, nitrogen uptake and translocation of maize planted in the Loess Plateau of China. *Sci. Rep.* 8(1):1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32749-9>.
- Wang, X.; Wang, N.; Xing, Y.; Yun, J. and Zhang, H. 2018b. Effects of plastic mulching and basal nitrogen application depth on nitrogen use efficiency and yield in maize. *Front. Plant Sci.* 9(1):1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01446>.
- Warland, J.; Keown, A. W. and Donald M. R. 2006. Impact of high temperatures on brassicaceae crops in southern ontario. *Canadian J. Plant Sci.* 86(4):1209-1215.