



<https://doi.org/10.5154/r.ctasci.2023.03.01>

Versión en español

Evaluación económica de malla sombra de colores: mejora del crecimiento y rendimiento en mango cv. Keitt

Assem A. A. Mohamed^{1*}; Mohamed A. Attala²; Mona H. G. Ali²; A. A. M. Esmail¹

¹Central Laboratory for Agricultural Climate (CLAC), Agricultural Research Centre, Giza, Egypt.

²Agricultural Economics Research Institute, Agriculture Research Centre, Giza, Egypt.

Historial del artículo:

Recibido: Agosto 13, 2022

Aceptado: Abril 18, 2023

*Autor de correspondencia:

assem20000@yahoo.com

Resumen

La malla sombra de colores es una herramienta eficaz para la producción agrícola sostenible. Se estudiaron mallas sombra de cinco colores (blanco, amarillo, rojo, azul y negro), en comparación con las condiciones de campo abierto, en mango cv. Keitt. El objetivo del estudio fue explorar la rentabilidad de malla sombra de diferentes colores (blanco, amarillo, rojo, azul, negro y control), en el rendimiento de mango 'Keitt' durante el período 2016-2020. Los resultados mostraron que el manejo en malla sombra de color blanco fue mejor para aumentar el rendimiento de frutos de mango $\cdot 2000 \text{ m}^2$. El rendimiento promedio de los árboles bajo malla de sombra de color blanco fue de aproximadamente $7.3 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$, en comparación con alrededor de $6.3, 5.8, 5.1, 4.3, 4.3 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$, para las mallas de color amarillo, rojo, azul y negro y el control, respectivamente. La malla sombra de color negro tuvo la menor utilidad económica. Por lo tanto, el cultivar mango bajo una malla de sombra de color blanco es útil para aumentar el rendimiento comercializable y exportable, así como la calidad de los mangos en comparación con otros tratamientos.

► **Palabras clave:** *Mangifera indica*, costos unitarios de producción, malla sombra coloreada, mango 'Keitt', relación ingresos-costos.

Introducción

La superficie total cultivada con fruta en Egipto fue de 1.63 millones de acres en el 2020, mientras que el área cultivada con mango alcanzó 310 mil acres, representando alrededor del 19 % de la superficie total del área cultivada con fruta con un rendimiento promedio de 4.37 toneladas por acre y una producción total de 1.2 millones de toneladas (MALR, 2020). India es el mayor productor de mango, con 24.75 millones de toneladas representando alrededor del 45.2 % de la producción global en el 2021 (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2021). El segundo país con mayor producción de mango es Indonesia con 3.62 millones de toneladas, representando alrededor de 6.61 % de la producción global en 2021. Otros países productores de mango importantes incluyen a México (4.34 %), China (4.33 %), Pakistán (4.28 %) y Brasil (3.9 %). En cuanto al valor comercial, Tailandia se posicionó como el mayor exportador de mango con alrededor de \$571 millones en el 2020. México fue seguido por los Países Bajos con casi \$460 millones y \$416

millones respectivamente (United Nations, 2021). El valor de exportación del mango egipcio fue de \$44.98 millones, que representó alrededor de 1.2 % del mercado global. El principal importador de mango egipcio fue Arabia Saudita, seguido por Jordania y los Emiratos Árabes, con cuotas de exportación de 31.06, 15.49 y 13.91 % respectivamente (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2021).

Abbasnia Zare et al. (2019) identificaron que el uso de malla sombra de color proporciona a las plantas mejores condiciones de crecimiento que cuando no se usa. Adicionalmente, el cultivo de algunas frutas bajo condiciones de invernadero, como el durazno, puede modificar las condiciones ambientales tales como la temperatura y la velocidad del viento de los árboles, por lo tanto, mejora la producción, vida de anaquel y calidad de la fruta (Martínez-Gómez et al., 2021). También provee protección física (e.g. aves, granizo, insectos, radiación excesiva) (Pérez et al., 2006). Adicionalmente, las ventajas ambientales de los invernaderos con malla sombra, Mohamed y El-Nagger (2018) mostraron rentabilidad al cultivar mango

'Keitt' y naranja 'Navel' en este tipo de invernaderos, tales como costo de producción, precios de productor, ganancia total y rendimiento neto. Se ha presentado un invernadero simple y económico (Mohamed y Medany, 2015), el cual está cubierto con malla sombra blanca en un área de 4 200 m² utilizando materiales locales del mercado doméstico alcanzando un costo total de 26 000 libras egipcias (EGP¹). Se ha referido a este tipo de invernadero como una técnica nueva utilizada para proteger los árboles de insectos y frutas del sol y el viento. El desarrollo de la arquitectura, tecnología y cultivo de la naranja 'Navel' y mango 'Keitt' en este modelo de invernadero, tuvo un gran éxito que generó un impacto positivo en la calidad de la fruta y el ingreso de los agricultores, en comparación con el cultivo a campo abierto. Adicionalmente, Mohamed y Medany (2015) mencionaron que el rendimiento neto anual del mango 'Keitt' que se cultiva en campo abierto, es 50 % más bajo que el de malla sombra. El objetivo de este estudio en progreso fue evaluar la rentabilidad de la malla sombra de diferentes colores (blanco, amarillo, rojo, azul, negro y el control) y campo abierto, en el rendimiento de mango 'Keitt'.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en los campos del Centro de Investigación Agrícola ubicado en el km 80 de la carretera Cairo-Alejandría en la Gobernación de Behera, Egipto (Figura 1).

Infraestructura del invernadero

Las plántulas de mango (*Mangifera indica*) cv. Keitt fueron sembradas en un invernadero multitúnel de un área de 10 000 m² (80 m largo x 125 m ancho) en junio del 2009. El invernadero fue cubierto con cinco secciones consecutivas de malla sombra de color (blanco, amarillo, rojo, azul y negro). Cada sección cubrió 80 m (en dirección norte a sur) y alrededor de 25 m (en dirección este a oeste) con un área total de 2 000 m². El número de árboles por tratamiento fue de 333 árboles · 2000 m². Las plántulas de mango fueron proporcionadas por el "Central Laboratory for Agricultural Climate" en la Gobernación de El-Behera, Egipto. Las plántulas de mango fueron sembradas a 3 x 2 m, la textura del suelo fue arenosa. El diámetro de la celda de malla sombra fue de 0.28 mm y el tamaño de la celda fue de 3.0 x 7.4 mm.

Manejo de la plantación/huerto

Los árboles fueron irrigados mediante sistema de goteo. La cantidad de agua suministrada a los árboles se determinó con el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET₀) (mm · d⁻¹), este fue calculado utilizando las metodologías de Penman-Monteith (Allen et al., 1998)

utilizando diariamente datos del clima, de la estación automática de clima en el terreno agrícola. Los árboles de mango bajo condiciones de invernadero fueron fertilizados con 10 toneladas de composta. Cada tonelada de composta necesita 100 kg de sulfato de amonio y 50 kg de sulfato durante la preparación del terreno y posterior a la cosecha. Por otro lado, los árboles de mango en campo abierto fueron fertilizados con 2 toneladas de composta tomando en cuenta que cada tonelada de composta necesita 100 kg de sulfato de amonio y 50 kg de sulfato durante la preparación del terreno y después de la cosecha. Para cada tratamiento se aplicó la misma cantidad de fertilizante (N, P₂O₅, and K₂O) dos veces por semana por cada temporada de cultivo.

Análisis de datos

El análisis estadístico consistió en ANOVA de un factor y ANOVA de dos factores con niveles de confianza de 95%, seguidos de la comparación de medias utilizando la prueba post-hoc de Tukey a $P \leq 0.05$ para comprender qué tratamientos fueron diferentes. Todos los datos fueron procesados utilizando IBM® SPSS® Statistics v. 25.

Resultados y discusión

Rendimiento total y producción

El Cuadro 1 muestra el número de frutos por árbol bajo diferentes tratamientos de malla de colores. El color blanco ayudó a incrementar la cantidad de frutos en comparación con los otros tratamientos.

El rendimiento por árbol fue de alrededor de 0.25 kg en 2011 y alcanzó el rendimiento máximo al octavo año de 12 kg · árbol⁻¹. Los resultados en el Cuadro 2 indican que el rendimiento por árbol bajo la malla sombra blanca fue significativamente diferente a un nivel de significancia del 5 %. Los resultados también indicaron que el cambio anual fue de 1.33 kg · árbol⁻¹ durante el periodo de estudio. Por lo tanto, de los resultados de la malla sombra amarilla, se puede concluir que el rendimiento promedio por árbol fue de 6.3 kg. El rendimiento de un árbol estuvo entre un rango mínimo de 0.20 kg · árbol⁻¹ en el 2011 y máximo de 10.2 kg · árbol⁻¹ en el 2018 (Cuadro 1). Los resultados del Cuadro 2 indican que el cambio anual fue de 1.14 kg · árbol⁻¹ durante el periodo de estudio. Mientras que el rendimiento promedio del tratamiento de malla sombra roja fue de alrededor de 5.8 kg · árbol⁻¹, en donde el rendimiento por árbol varió entre un mínimo de 0.19 kg · árbol⁻¹ en 2011 y un máximo de 9.9 kg · árbol⁻¹ en 2018 (Cuadro 1). Los resultados del Cuadro 2 indican que el cambio anual fue de 1.08 kg · árbol⁻¹ durante el periodo de estudio. Respecto al tratamiento con la malla sombra azul, el rendimiento promedio fue de 5.1 kg · árbol⁻¹, el rendimiento de un árbol tuvo un rango mínimo de 0.17 kg · árbol⁻¹ y máximo de 9.6 kg · árbol⁻¹ en el 2018 (Cuadro 1). Los resultados del Cuadro 2 indican que el cambio anual fue de 1.04 kg · árbol⁻¹

¹ Código para la libra egipcia de acuerdo con la Organización Internacional de Estandarización ISO 4217.

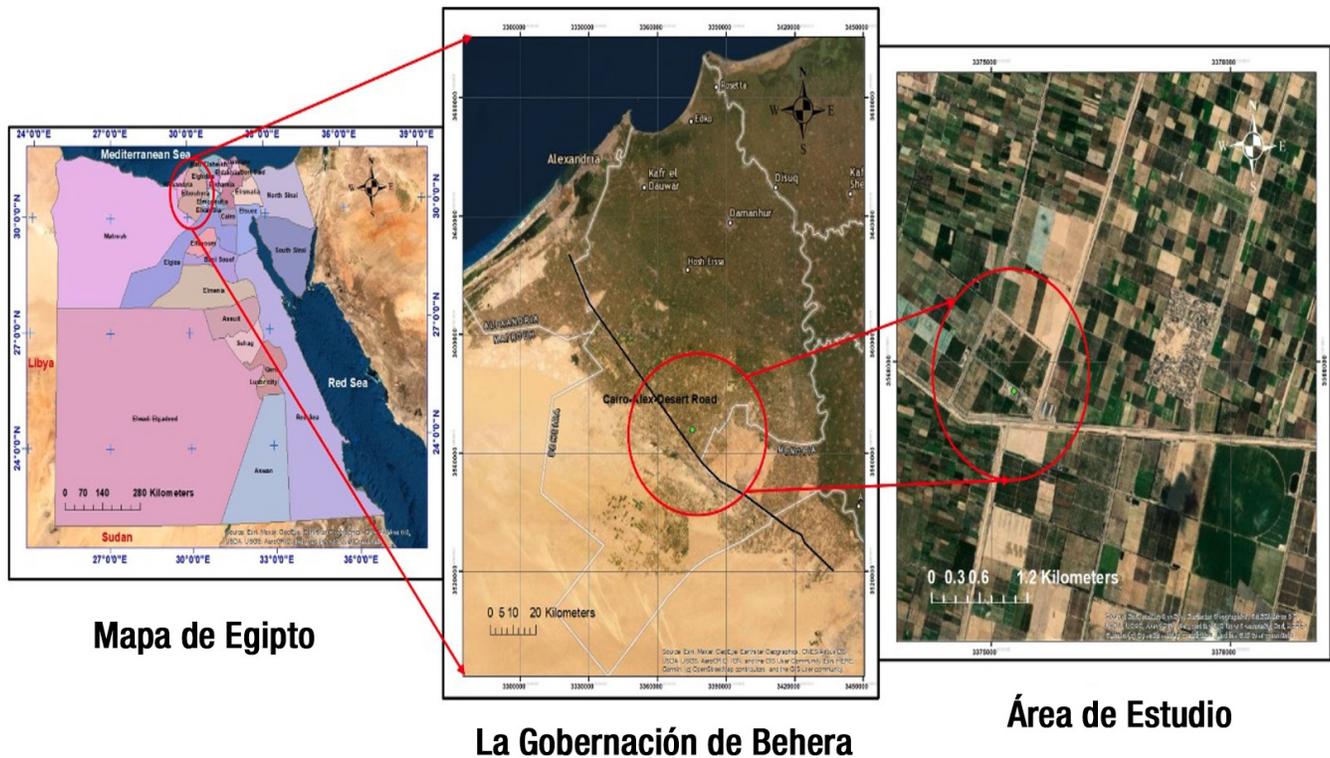


Figura 1. Ubicación del área de estudio en Egipto.

durante el periodo de estudio. El rendimiento promedio de la malla sombra negra fue de aproximadamente $4.3 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$, el rendimiento de un árbol estuvo entre un rango mínimo de $0.1 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ en el 2012 y máximo de $7.4 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ en el 2018 (Cuadro 1). Los resultados en el Cuadro 2 también indican que el cambio anual fue de $0.83 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ durante el periodo de estudio, por otro lado, el rendimiento promedio en condiciones de campo abierto (tratamiento control) fue menor que los tratamientos con malla sombra de colores (blanco, amarillo, rojo y azul), excepto por la malla sombra negra. Los resultados en el Cuadro 1 mostraron que el rendimiento promedio del tratamiento control fue de $4.3 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$, el rendimiento por árbol tuvo un rango mínimo de $0.5 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ en el 2013 y máximo de $7.9 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ en el 2018. Los resultados del Cuadro 2 indican que el cambio anual fue de $0.95 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$ durante el periodo de estudio.

El Cuadro 1 muestra la producción total de mango 'Keitt' bajo diferentes tratamientos de malla sombra de colores. Por lo tanto, se puede concluir que el tratamiento de la malla sombra blanca tiene el rendimiento total más alto con 2.4 mil kg, seguido por el tratamiento con la malla sombra amarilla con 2.08 mil kg, el tratamiento con la malla sombra roja con 1.9 mil kg, el tratamiento con la malla sombra azul con 1.69 mil kg y el tratamiento con la malla sombra negra con 1.42 mil kg. Por otra parte, el tratamiento control tuvo la producción total más baja en comparación con los tratamientos de malla sombra de colores con 1.41 mil kg.

Análisis de varianza de un factor

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis de varianza de un factor para el rendimiento entre árboles en los diferentes tratamientos. Los resultados muestran que el valor de p ($P < 0.05$) es igual a 0.000, lo que confirmó que hay diferencias significativas en el rendimiento entre árboles de mango 'Keitt' en los diferentes tratamientos, se recomienda utilizar pruebas adicionales.

Los resultados de la prueba de Tukey en el Cuadro 4 indican que hubo diferencias estadísticas significativas en el rendimiento promedio entre árboles de mango 'Keitt' bajo el tratamiento de malla sombra blanca comparado con el rendimiento promedio bajo los diferentes tratamientos de malla sombra colores (amarillo, rojo, azul y negro) y el promedio de rendimiento a campo abierto. La diferencia entre el rendimiento del tratamiento de malla sombra blanca y el rendimiento del tratamiento de malla sombra negra están en primer lugar, es seguida por la diferencia entre el rendimiento promedio del tratamiento con malla sombra y el rendimiento promedio del campo abierto. Seguido por el rendimiento promedio del tratamiento de malla sombra blanca con los otros tratamientos azul, rojo y amarillo respectivamente.

Análisis de Varianza de dos factores

Los resultados en el Cuadro 5 muestran que el resultado del análisis de varianza de dos factores es similar a los

Cuadro 1. Número de frutos y producción total (kg) de mango 'Keitt' bajo diferentes tratamientos durante 2011-2020.

Año	Blanco			Amarillo			Rojo			Azul			Negro			Control		
	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total	YpT	Producción Total
2011	0.25	83.25	0.2	66.6	0.2	63.3	0.2	56.6	0.1	33.3	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	2.5	832.5	2.0	666	1.8	599.4	1.5	499.5	1.2	399.6	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	3.0	999.0	2.4	799.2	2.1	699.3	1.75	582.75	1.4	466.2	0.5	166.5	0.5	166.5	0.5	166.5	0.5	166.5
2014	5.0	1665.0	4.1	1365.3	3.9	1298.7	2.1	699.3	1.9	632.7	2.1	699.3	2.1	699.3	2.1	699.3	2.1	699.3
2015	7.0	2331.0	6.6	2197.8	5.8	1931.4	5.2	1731.6	4.7	1565.1	4.9	1631.7	4.9	1631.7	4.9	1631.7	4.9	1631.7
2016	11.0	3663.0	9.8	3263.4	9.1	3030.3	7.3	2430.9	6.5	2164.5	6.8	2264.4	6.8	2264.4	6.8	2264.4	6.8	2264.4
2017	10.0	3330.0	9.2	3063.6	8.8	2930.4	7.5	2497.5	7.2	2397.6	7.5	2497.5	7.5	2497.5	7.5	2497.5	7.5	2497.5
2018	12.0	3996.0	10.2	3396.6	9.9	3296.7	9.6	3196.8	7.4	2464.2	7.9	2630.7	7.9	2630.7	7.9	2630.7	7.9	2630.7
2019	10.6	3529.8	8.8	2930.4	8.1	2697.3	7.6	2530.8	6.1	2031.3	6.3	2097.9	6.3	2097.9	6.3	2097.9	6.3	2097.9
2020	11.2	3729.6	9.4	3130.2	8.8	2930.4	8.1	2697.3	6.3	2097.9	6.5	2164.5	6.5	2164.5	6.5	2164.5	6.5	2164.5
Prom.	7.3	2415.9	6.3	2087.9	5.8	1947.7	5.1	1692.3	4.3	1425.2	4.3	1415.3	4.3	1415.3	4.3	1415.3	4.3	1415.3

YpT: Rendimiento por árbol.

Cuadro 2. Resultados del patrón de rendimiento de mango 'Keitt' mango bajo diferentes tratamientos durante 2011-2020.

Color	β	Prueba de T	R ²	Tasa de cambio (%)	Promedio	% Prom. del Control	Núm.
Blanco	1.33	7.61	0.88	18.3	7.3	69.8	1
Amarillo	1.14	6.45	0.84	18.2	6.3	46.5	2
Rojo	1.08	6.36	0.83	18.5	5.8	34.9	3
Azul	1.04	7.05	0.86	20.5	5.1	18.6	4
Negro	0.83	5.71	0.80	19.5	4.3	0.0	5
Control	0.95	5.56	0.79	22.2	4.3	0.0	6

R²: coeficiente de varianza 'explicado' respecto a la varianza 'total' de la variable dependiente 'Yield'. El coeficiente de determinación indicando la bondad de ajuste de la regresión. T = T-Test, prueba de regresión individual de coeficientes.

Cuadro 3. Resultados del Análisis de Varianza de un factor ($P \leq 0.05$) para los diferentes tratamientos durante 2016-2020.

Origen de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Signif.
Entre Grupos	64.622	5	12.924	26.602	.000**
Dentro de Grupos	11.660	24	.4860		
Total	76.282	29			

Valor de p: expresa los resultados de la prueba de hipótesis como nivel de significancia. Valores de p menores a 0.05 se toman como evidencia de que el coeficiente de la población es diferente a 0, a mayor evidencia en los datos muestra contra la hipótesis nula y para la hipótesis alternativa.

resultados del análisis de varianza de un factor. La significancia del efecto durante los años de tratamiento se muestra en el Cuadro 5, en donde el valor de p es igual a 0.0001, el cual es menor a 0.05. Por lo tanto, la hipótesis nula (H_0) fue rechazada y la hipótesis alternativa (H_1) fue aceptada, lo que comprueba que hay dos o más promedios que son desiguales.

Los resultados del análisis de varianza (prueba de F) confirman que hay diferencias significativas entre tratamientos y para determinar el origen de estas diferencias se recomienda realizar una prueba de Tukey. El Cuadro 6 muestra los resultados de la prueba de Tukey, la cual indica que hay diferencias significativas entre el rendimiento promedio de árboles de mango 'Keitt' bajo tratamiento de malla sombra blanca comparada con el rendimiento promedio bajo, los tratamientos bajo malla sombra de colores (amarillo, rojo, azul y negro), así como con el rendimiento promedio en campo abierto (control). La diferencia entre el rendimiento del tratamiento de malla sombra blanca y el rendimiento promedio de la malla sobra negra, estuvo en primer lugar, seguida por la diferencia entre el rendimiento promedio de la malla sombra blanca y el rendimiento promedio en campo abierto (control); estos fueron seguidos por el rendimiento promedio del tratamiento de malla blanca con los demás tratamientos azul, rojo y amarillo respectivamente. Esta observación es similar a la mencionada anteriormente en el análisis de varianza de un factor.

Los resultados en el Cuadro 7 muestran diferencias significativas entre el rendimiento promedio de los árboles de mango 'Keitt' bajo malla sombra en el tercer año (2018) comparado con el rendimiento promedio de los árboles de mango 'Keitt' en otros años (2016, 2017, 2019, 2020). Los resultados indicaron que la diferencia entre el rendimiento promedio del tercer y cuarto año se dieron primero, seguidas por las diferencias en el rendimiento promedio del tercer y quinto año, estas a su vez fueron seguidas por las diferencias en el rendimiento promedio de la segunda y primera temporada.

Evaluación económica

Tratamiento de malla sombra blanca

El Cuadro 8 muestra la diferencia entre el ingreso neto del tratamiento con malla sombra blanca y el campo abierto, varió entre un rango mínimo aproximado de 1 605 libras egipcias (EGP) en el 2017 y máximo de alrededor de EGP 10 190 en el 2020, con un promedio de alrededor de EGP 6 634 durante el periodo de estudio. De acuerdo con el costo unitario de producción, el costo promedio por kilogramo en el tratamiento con malla sombra blanca fue de EGP 4.5 · kg⁻¹ comparado con aproximadamente EGP 5.5 en campo abierto. Mientras que el costo unitario de producción en el tratamiento de malla sombra blanca varió entre un rango mínimo de alrededor de EGP 4.0 · kg⁻¹ en 2016 comparado con alrededor de EGP 4.8 · kg⁻¹ en campo abierto el mismo año. Además de un rango máximo de alrededor de EGP 5.0 · kg⁻¹ en 2019 comparado con aproximadamente EGP 6.6 · kg⁻¹ en campo abierto para el mismo año. En cuanto a la proporción ingreso-costo, varió entre un mínimo de alrededor de 1.4 % en 2017, que fue similar a 1.4 % en campo abierto y un máximo aproximadamente de 2.3 % en 2018, en comparación con aproximadamente 1.9 % en campo abierto, con un promedio de alrededor de 1.8 % comparado con aproximadamente 1.5 % en campo abierto.

Tratamiento malla sombra amarilla

El Cuadro 9 muestra las diferencias entre el ingreso neto del tratamiento con malla sombra amarilla y campo abierto, varió entre un rango mínimo de EGP 2 525 en 2016 y un rango máximo de aproximadamente EGP 4 794 en 2018. El ingreso neto tuvo un valor negativo en el 2017, estimado en EGP 124. Para el costo unitario de producción, el costo promedio por kilogramo en el tratamiento amarillo fue de aproximadamente EGP 5.2 · kg⁻¹ en comparación con aproximadamente EGP 5.5 en campo abierto. El costo unitario de producción en el tratamiento amarillo varió entre un mínimo de aproximadamente EGP 4.5 · kg⁻¹ en 2016

Cuadro 4. Resultados de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de mango 'Keitt' en los diferentes tratamientos durante 2016–2020.

(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia media (I-J)	Error Std.	Signif.	95 % intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Blanco	Amarillo	1.48000*	0.44083	0.028	0.1170	2.8430
	Rojo	2.02000*	0.44083	0.001	0.6570	3.3830
	Azul	2.94000*	0.44083	0.000	1.5770	4.3030
	Negro	4.26000*	0.44083	0.000	2.8970	5.6230
	Control	3.96000*	0.44083	0.000	2.5970	5.3230
Amarillo	Blanco	-1.48000*	0.44083	0.028	-2.8430	-0.1170
	Rojo	.540000	0.44083	0.821	-0.8230	1.9030
	Azul	1.46000*	0.44083	0.031	0.0970	2.8230
	Negro	2.78000*	0.44083	0.000	1.4170	4.1430
	Control	2.48000*	0.44083	0.000	1.1170	3.8430
Rojo	Blanco	-2.02000*	0.44083	0.001	-3.3830	-0.6570
	Amarillo	-0.54000	0.44083	0.821	-1.9030	0.8230
	Azul	0.92000	0.44083	0.327	-0.4430	2.2830
	Negro	2.24000*	0.44083	0.000	0.8770	3.6030
	Control	1.94000*	0.44083	0.002	0.5770	3.3030
Azul	Blanco	-2.94000*	0.44083	0.000	-4.3030	-1.5770
	Amarillo	-1.46000*	0.44083	0.031	-2.8230	-0.0970
	Rojo	-0.92000	0.44083	0.327	-2.2830	0.4430
	Negro	1.32000	0.44083	0.062	-0.0430	2.6830
	Control	1.02000	0.44083	0.227	-0.3430	2.3830
Negro	Blanco	-4.26000*	0.44083	0.000	-5.6230	-2.8970
	Amarillo	-2.78000*	0.44083	0.000	-4.1430	-1.4170
	Rojo	-2.24000*	0.44083	0.000	-3.6030	-0.8770
	Azul	-1.32000	0.44083	0.062	-2.6830	0.0430
	Control	-0.30000	0.44083	0.982	-1.6630	1.0630
Control	Blanco	-3.96000*	0.44083	0.000	-5.3230	-2.5970
	Amarillo	-2.48000*	0.44083	0.000	-3.8430	-1.1170
	Rojo	-1.94000*	0.44083	0.002	-3.3030	-.5770
	Azul	-1.02000	0.44083	0.227	-2.3830	.3430
	Negro	0.300000	0.44083	0.982	-1.0630	1.6630

Criterio de Tukey (HSD) = 1.362

*Significa que hay diferencias significativas entre dos promedios. ** La diferencia de medias es significativa a un nivel de significancia de 5 %.

Cuadro 5. Resultados del análisis de varianza de dos factores ($P \leq 0.05$) para los diferentes tratamientos durante 2016-2020.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: rendimiento promedio kg-árbol ¹					
Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Signif.
Tratamientos	64.622	5	12.924	76.100	0.000*
Años	8.263	4	2.066	12.164	0.000*
Error	3.397	20	0.170		
Total	76.282	29			

* Indica diferencia significativa a un nivel de 0.05.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de mango en los tratamientos durante 2016–2020.

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Std. Error	Signif.	95 % intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Blanco	Amarillo	1.4800*	0.26064	0.000	.6607	2.2993
	Rojo	2.0200*	0.26064	0.000	1.2007	2.8393
	Azul	2.9400*	0.26064	0.000	2.1207	3.7593
	Negro	4.2600*	0.26064	0.000	3.4407	5.0793
	Control	3.9600*	0.26064	0.000	3.1407	4.7793
Amarillo	Blanco	-1.4800*	0.26064	0.000	-2.2993	-0.6607
	Rojo	0.5400	0.26064	0.340	-.2793	1.3593
	Azul	1.4600*	0.26064	0.000	.6407	2.2793
	Negro	2.7800*	0.26064	0.000	1.9607	3.5993
	Control	2.4800*	0.26064	0.000	1.6607	3.2993
Rojo	Blanco	-2.0200*	0.26064	0.000	-2.8393	-1.2007
	Amarillo	-0.5400	0.26064	0.340	-1.3593	0.2793
	Azul	0.9200*	0.26064	0.022	.1007	1.7393
	Negro	2.2400*	0.26064	0.000	1.4207	3.0593
	Control	1.9400*	0.26064	0.000	1.1207	2.7593
Azul	Blanco	-2.9400*	0.26064	0.000	-3.7593	-2.1207
	Amarillo	-1.4600*	0.26064	0.000	-2.2793	-0.6407
	Rojo	-0.9200*	0.26064	0.022	-1.7393	-0.1007
	Negro	1.3200*	0.26064	0.001	.5007	2.1393
	Control	1.0200*	0.26064	0.010	.2007	1.8393

Cuadro 6. Resultados de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de mango en los tratamientos durante 2016–2020. (cont.)

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Std. Error	Signif.	95 % intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Negro	Blanco	-4.2600*	0.26064	0.000	-5.0793	-3.4407
	Amarillo	-2.7800*	0.26064	0.000	-3.5993	-1.9607
	Rojo	-2.2400*	0.26064	0.000	-3.0593	-1.4207
	Azul	-1.3200*	0.26064	0.001	-2.1393	-.5007
	Control	-0.3000	0.26064	0.854	-1.1193	0.5193
Control	Blanco	-3.9600*	0.26064	0.000	-4.7793	-3.1407
	Amarillo	-2.4800*	0.26064	0.000	-3.2993	-1.6607
	Rojo	-1.9400*	0.26064	0.000	-2.7593	-1.1207
	Azul	-1.0200*	0.26064	0.010	-1.8393	-0.2007
	Negro	0.3000	0.26064	0.854	-.5193	1.1193

Criterio de Tukey (HSD) = 0.819

*Significa que hay diferencias significativas entre dos promedios. **La diferencia de medias es significativa a un nivel de 0.05.

Cuadro 7. Resultados de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de mango 'Keitt' entre los años del 2016–2020.

(I) Años	(J) Años	Diferencia de medias (I-J)	Error Std.	Signif.	95 % Intervalo de Confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Año 1	Año 2	0.0500	0.23793	1.000	-0.6620	0.7620
	Año 3	-1.0833*	0.23793	0.002	-1.7953	-0.3714
	Año 4	0.5000	0.23793	0.258	-0.2120	1.2120
	Año 5	0.0333	0.23793	1.000	-0.6786	0.7453
Año 2	Año 1	-0.0500	0.23793	1.000	-0.7620	0.6620
	Año 3	-1.1333*	0.23793	0.001	-1.8453	-0.4214
	Año 4	0.4500	0.23793	0.353	-0.2620	1.1620
	Año 5	-0.0167	0.23793	1.000	-0.7286	0.6953
Año 3	Año 1	1.0833*	0.23793	0.002	0.3714	1.7953
	Año 2	1.1333*	0.23793	0.001	0.4214	1.8453
	Año 4	1.5833*	0.23793	0.000	0.8714	2.2953
	Año 5	1.1167*	0.23793	0.001	0.4047	1.8286

Cuadro 7. Resultados de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de mango 'Keitt' entre los años del 2016–2020.(cont.)

(I) Años	(J) Años	Diferencia de medias (I-J)	Error Std.	Signif.	95 % Intervalo de Confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Año 4	Año 1	-0.5000	0.23793	0.258	-1.2120	0.2120
	Año 2	-0.4500	0.23793	0.353	-1.1620	0.2620
	Año 3	-1.5833*	0.23793	0.000	-2.2953	-0.8714
	Año 5	-0.4667	0.23793	0.319	-1.1786	0.2453
Año 5	Año 1	-0.0333	0.23793	1.000	-0.7453	0.6786
	Año 2	0.0167	0.23793	1.000	-0.6953	0.7286
	Año 3	-1.1167*	0.23793	0.001	-1.8286	-0.4047
	Año 4	0.4667	0.23793	0.319	-0.2453	1.1786

Criterio de Tukey (HSD) = 0.780

* Significa que hay diferencias significativas entre dos promedios. **La diferencia de medias es significativa a un nivel de 0.05.

Cuadro 8. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo tratamiento de malla sombra blanca mango comparado con campo abierto durante 2016–2020.

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·2000 m ⁻²	Ingreso total EGP·2000 m ⁻²	Ingreso neto EGP·2000 m ⁻²	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total a costo
2016						
White	3663	14566	22894	8328	4.0	1.6
Control	2264.4	10850	14153	3303	4.8	1.3
Desviación del control	1398.6		8741	5025	-0.8	0.3
(%) Desviación del control	61.8		61.8	152.2	-17.0	20.5
2017						
Blanco	3330	15206	21645	6439	4.6	1.4
Control	2497.5	11400	16234	4834	4.6	1.4
Desviación del control	832.5		5411	1605	0.0	0.0
(%) Desviación del control	33.3		33.3	33.2	0.0	0.0
2018						
Blanco	3996	16756	37962	21206	4.2	2.3
Control	2630.7	12950	24992	12042	4.9	1.9
Desviación del control	1365.3		12970	9164	-0.7	0.3
(%) Desviación del control	51.9		51.9	76.1	-14.8	17.4
2019						
Blanco	3529.8	17756	33533	15777	5.0	1.9
Control	2097.9	13950	19930	5980	6.6	1.4

Cuadro 8. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo tratamiento de malla sombra blanca mango comparado con campo abierto durante 2016–2020.. (cont.)

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·2000 m ⁻²	Ingreso total EGP·2000 m ⁻²	Ingreso neto EGP·2000 m ⁻²	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total a costo
Desviación del control	1431.9		13603	9797	-1.6	0.5
(%) Desviación del control	68.3		68.3	163.8	-24.4	32.2
2020						
Blanco	3729.6	18296	33566	15270	4.9	1.8
Control	2164.5	14400	19481	5081	6.7	1.4
Desviación del control	1565.1		14086	10190	-1.7	0.5
(%) Desviación del control	72.3		72.3	200.6	-26.3	35.6
Promedio						
Blanco	3649.7	16516	29920	13404	4.5	1.8
Control	2331.0	12710	19481	6771	5.5	1.5
Desviación del control	1318.7		10440	6634	-0.9	0.3
(%) Desviación del control	56.6		53.6	98.0	-17.0	18.2

Cuadro 9. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo el tratamiento amarillo comparado con campo abierto durante 2016-2020.

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·(2000 m ⁻²)	Ingreso total EGP· (2000 m ⁻²)	Ingreso neto EGP·(2000 m ⁻²)	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total y costo
2016						
Amarillo	3263.4	14566	20394	5828	4.5	1.4
Control	2264.4	10850	14153	3303	4.8	1.3
Desviación del control	999		6241	2525	-0.3	0.1
(%) Desviación del control	44.1		44.1	76.5	-6.8	7.3
2017						
Amarillo	3063.6	15206	19916	4710	5.0	1.3
Control	2497.5	11400	16234	4834	4.6	1.4
Desviación del control	566.1		3682	-124	0.4	-0.1
(%) Desviación del control	22.7		22.7	-2.6	8.7	-8.0
2018						
Amarillo	3396.6	16756	32272	15516	4.9	1.9
Control	2630.7	12950	24992	12042	4.9	1.9
Desviación del control	765.9		7280	3474	0.0	0.0
(%) Desviación del control	29.1		29.1	28.8	0.2	0.0

Cuadro 9. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo el tratamiento amarillo comparado con campo abierto durante 2016-2020. (cont.)

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·(2000 m ⁻²)	Ingreso total EGP· (2000 m ⁻²)	Ingreso neto EGP·(2000 m ⁻²)	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total y costo
2019						
Amarillo	2930.4	17756	27835	10079	6.1	1.6
Control	2097.9	13950	19930	5980	6.6	1.4
Desviación del control	832.5		7905	4099	-0.6	0.1
(%) Desviación del control	39.7		39.7	68.5	-8.9	9.7
2020						
Amarillo	3130.2	18296	28170	9874	5.8	1.5
Control	2164.5	14400	19481	5081	6.7	1.4
Desviación del control	965.7		8690	4794	-0.8	0.2
(%) Desviación del control	44.6		44.6	94.4	-12.1	13.8
Promedio						
Amarillo	3156.8	16516	25717	9201	5.2	1.6
Control	2331.0	12710	18958	6248	5.5	1.5
Desviación del control	825.84		6760	2954	-0.2	0.1
(%) Desviación del control	35.4		35.7	47.3	-4.0	4.4

Cuadro 10. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo malla sombra roja comparado con campo Abierto durante 2016-2020.

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·(2000 m ⁻²)	Ingreso total EGP· (2000 m ⁻²)	Ingreso neto EGP·(2000 m ⁻²)	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total y costo
2016						
Rojo	3030.3	14566	18939	4373	4.8	1.3
Control	2264.4	10850	14153	3303	4.8	1.3
Desviación del control	765.9		4787	1071	0.0	0.0
(%) Desviación del control	33.8		33.8	32.4	0.3	0.0
2017						
Rojo	2930.4	15206	19048	3842	5.2	1.2
Control	2497.5	11400	16234	4834	4.6	1.4
Desviación del control	432.9		2814	-992	0.6	-0.2
(%) Desviación del control	17.3		17.3	-20.5	13.7	-12.0
2018						
Rojo	3296.7	16756	31319	14563	5.1	1.8
Control	2630.7	12950	24992	12042	4.9	1.9

Cuadro 10. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo malla sombra roja comparado con campo Abierto durante 2016-2020. (cont.)

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ²)	Costo total EGP·(2000 m ²)	Ingreso total EGP· (2000 m ²)	Ingreso neto EGP·(2000 m ²)	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total y costo
Desviación del control	666		6327	2521	0.2	-0.1
(%) Desviación del control	25.3		25.3	20.9	3.3	-3.1
2019						
Rojo	2697.3	17756	25624	7868	6.5	1.4
Control	2097.9	13950	19930	5980	6.6	1.4
Desviación del control	599.4		5694	1888	-0.1	0.0
(%) Desviación del control	28.6		28.6	31.6	-1.0	0.0
2020						
Red	2930.4	18296	26374	8078	6.2	1.4
Control	2164.5	14400	19481	5081	6.7	1.4
Desviación del control	765.9		6893	2997	-0.4	0.0
(%) Desviación del control	35.4		35.4	59.0	-6.2	6.6
Promedio						
Rojo	2977.0	16516	24261	7745	5.5	1.5
Control	2331.0	12710	18958	6248	5.5	1.5
Desviación del control	646.02		5303	1497	0.0	0.0
(%) Desviación del control	27.7		28.0	24.0	0.0	0.0

en comparación con EGP 4.8·kg⁻¹ en campo abierto, ese mismo año, y un máximo de alrededor de EGP 6.1·kg⁻¹ en 2019 en comparación con EGP 6.6·kg⁻¹ en campo abierto ese mismo año.

En cuanto a la proporción costo-ingreso, varió entre un mínimo de aproximadamente 1.3 % en 2017 en comparación con 1.4 % en campo abierto, y un máximo de aproximadamente 1.9 % en 2018 en comparación con aproximadamente 1.9 % en campo abierto, con un promedio de alrededor de 1.6 % comparado con 1.5 % en campo abierto.

Tratamiento malla sombra roja

El Cuadro 10 presenta diferencias entre el ingreso neto total del tratamiento de malla roja y campo abierto, este varió entre un mínimo de EGP 1 071 en 2016, con un incremento de aproximadamente 32.4 % en comparación con campo abierto. Mientras que el máximo ingreso neto fue de EGP 2 997 en 2020 con un incremento de aproximadamente 59 % comparado con el tratamiento en campo abierto. El ingreso neto total promedio fue de EGP 1 497 durante el periodo de estudio. Adicionalmente, el ingreso neto tuvo un valor negativo en 2017, estimado en EGP 992.

Cuadro 11. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo tratamiento de malla sombra azul comparado con campo abierto durante 2016-2020.

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·(2000 m ⁻²)	Ingreso total EGP· (2000 m ⁻²)	Ingreso neto EGP·(2000 m ⁻²)	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total y costo
2016						
Azul	2430.9	14566	15193	627	6.0	1.0
Control	2264.4	10850	14153	3303	4.8	1.3
Desviación del control	166.5		1041	-2675	1.2	-0.3
(%) Desviación del control	7.4		7.4	-81.0	25.1	-20.0
2017						
Azul	2497.5	15206	16234	1028	6.1	1.1
Control	2497.5	11400	16234	4834	4.6	1.4
Desviación del control	0		0	-3806	1.5	-0.4
(%) Desviación del control	0.0		0.0	-78.7	33.4	-25.0
2018						
Azul	3196.8	16756	30370	13614	5.2	1.8
Control	2630.7	12950	24992	12042	4.9	1.9
Desviación del control	566.1		5378	1572	0.3	-0.1
(%) Desviación del control	21.5		21.5	13.1	6.5	-6.1
2019						
Azul	2530.8	17756	24043	6287	7.0	1.4
Control	2097.9	13950	19930	5980	6.6	1.4
Desviación del control	432.9		4113	307	0.4	-0.1
(%) Desviación del control	20.6		20.6	5.1	5.5	-5.2
2020						
Azul	2697.3	18296	24276	5980	6.8	1.3
Control	2164.5	14400	19481	5081	6.7	1.4
Desviación del control	532.8		4795	899	0.1	-0.1
(%) Desviación del control	24.6		24.6	17.7	2.0	-7.4
Promedio						
Azul	2670.7	16516	22023	5507	6.2	1.3
Control	2331.0	12710	18958	6248	5.5	1.5
Desviación del control	339.66		3065	-741	0.7	-0.2
(%) Desviación del control	14.6		16.2	-11.9	13.4	-10.6

Cuadro 12. Indicadores económicos de mango 'Keitt' bajo tratamiento de malla sombra negra comparado con campo abierto durante 2016-2020.

Afirmación	Rendimiento (kg·2000 m ⁻²)	Costo total EGP·(2000 m ⁻²)	Ingreso total EGP· (2000 m ⁻²)	Ingreso neto EGP·(2000 m ⁻²)	Costo unitario de producción EGP·kg ⁻¹	Proporción del ingreso total y costo
2016						
Negro	2164.5	14566	13528	-1038	6.7	0.9
Control	2264.4	10850	14153	3303	4.8	1.3
Desviación del control	-99.9		-624	-4340	1.9	-0.4
(%) Desviación del control	-4.4		-4.4	-131.4	40.4	-28.8
2017						
Negro	2397.6	15206	15584	378	6.3	1.0
Control	2497.5	11400	16234	4834	4.6	1.4
Desviación del control	-99.9		-649	-4455	1.8	-0.4
(%) Desviación del control	-4.0		-4.0	-92.2	38.9	-28.0
2018						
Negro	2464.2	16756	23410	6654	6.8	1.4
Control	2630.7	12950	24992	12042	4.9	1.9
Desviación del control	-166.5		-1582	-5388	1.9	-0.5
(%) Desviación del control	-6.3		-6.3	-44.7	38.1	-27.6
2019						
Negro	2031.3	17756	19297	1541	8.7	1.1
Control	2097.9	13950	19930	5980	6.6	1.4
Desviación del control	-66.6		-633	-4439	2.1	-0.3
(%) Desviación del control	-3.2		-3.2	-74.2	31.5	-23.9
2020						
Negro	2097.9	18296	18881	585	8.7	1.0
Control	2164.5	14400	19481	5081	6.7	1.4
Desviación del control	-66.6		-599	-4495	2.1	-0.3
(%) Desviación del control	-3.1		-3.1	-88.5	31.1	-23.7
Promedio						
Negro	2231.1	16516	18140	1624	7.4	1.1
Control	2331.0	12710	18958	6248	5.5	1.5
Desviación del control	-99.9		-818	-4624	2.0	-0.4
(%) Desviación del control	-4.3		-4.3	-74.0	35.8	-26.4

Para el costo unitario de producción, el costo unitario promedio por kilogramo fue de aproximadamente EGP 5.5·kg⁻¹ en ambos tratamientos, mientras que el costo unitario de producción en el tratamiento de malla sombra roja y campo abierto varió entre un mínimo de EGP 4.8·kg⁻¹ en 2016 y un máximo de EGP 6.6·kg⁻¹ en 2019, para ambos tratamientos. En cuanto a la proporción ingreso-costo, varió entre un mínimo de aproximadamente 1.2 % en 2017 para ambos tratamientos y un máximo de aproximadamente 1.8 % para el tratamiento de malla sombra roja en 2018 en comparación con aproximadamente 1.9 % en campo abierto con un promedio de aproximadamente 1.7 %, en comparación con aproximadamente 1.5 % en campo abierto.

Tratamiento malla sombra azul

Las diferencias mostradas en el Cuadro 11 entre el ingreso neto total del tratamiento de malla sombra azul y el campo abierto, variaron entre un valor negativo de EGP 3 806 en 2017 y un ingreso neto máximo de EGP 1 572 en 2018. Para el costo unitario de producción, el costo promedio por kilogramo en el tratamiento de malla sombra azul fue de aproximadamente EGP 6.2·kg⁻¹ en comparación EGP 5.5·kg⁻¹ en campo abierto. El costo unitario de producción en el tratamiento de malla sombra azul varió entre un mínimo de EGP 5.2·kg⁻¹ en 2018 en comparación con EGP 1.9·kg⁻¹ en campo abierto para el mismo año y un máximo de aproximadamente EGP 7.0 en 2019, comparado con aproximadamente EGP 6.6·kg⁻¹ en campo abierto ese mismo año. En cuanto a la proporción ingreso-costo, varió entre un mínimo de aproximadamente 1.0 % en 2016, comparado con 1.3 % en campo abierto y un máximo de 1.8 % en 2018, comparado con aproximadamente 1.9 % en campo abierto con un promedio de aproximadamente 1.3 % comparado con aproximadamente 1.5 % en campo abierto.

Tratamiento malla sombra negra

Como se muestra en el Cuadro 12, las diferencias promedio entre el ingreso neto total del tratamiento de malla sombra negra y el campo abierto tuvieron un valor significativo (EGP 4 624). Los resultados en el mismo cuadro enfatizan que la producción de mango 'Keitt' bajo el tratamiento de malla sombra negra no es rentable económicamente. Para los costos unitarios de producción, el costo promedio por kilogramo en el tratamiento negro fue de aproximadamente EGP 7.4·kg⁻¹ en comparación con aproximadamente EGP 5.5·kg⁻¹ en campo abierto. En cuanto a la proporción ingreso-costo, el promedio para el tratamiento de malla sombra negra durante el tiempo de estudio fue de 1.1 % mientras que en el campo abierto fue de 1.5 %.

Conclusiones

La malla sombra representa una tecnología nueva para superar las limitaciones que el sector productivo ha en-

frentado los últimos años. Las mallas sombra crearon un mayor nivel de protección para los árboles de mango y mejoraron su producción. El uso de malla sombra blanca fue muy efectiva para mejorar el rendimiento y este resultado podría incentivar las inversiones en la siembra de cultivos frutales bajo siembra protegida, especialmente en áreas nuevas recuperadas en el proyecto nacional de 2.5 millones feddanes. Adicionalmente, la producción de mango bajo malla sombra azul y negra no son económicamente rentables.

References

- Abbasnia Zare, S. K., Sedaghatthoor, S., Padasht Dahkaei, M.-N., y Hashemabadi, D. (2019). The effect of light variations by photosensitive shade nets on pigments, antioxidant capacity, and growth of two ornamental plant species: Marigold (*Calendula officinalis* L.) and violet (*Viola tricolor*). *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), 1650415. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1650415>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., y Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements - FAO irrigation and drainage paper 56*. Rome, Italy: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- MALR. (2020). *Economic Affairs Sector*. Cairo, Egypt: Ministry of Agriculture and Land Reclamation.
- Martínez-Gómez, P., Rahimi Devin, S., Salazar, J. A., López-Alcolea, J., Rubio, M., y Martínez-García, P. J. (2021). Principles and prospects of prunus cultivation in greenhouse. *Agronomy*, 11(3), 474. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030474>
- Mohamed, A. A. A., y El-Nagger, M. G. (2018). Economic analysis of protected cultivation: comparison of vegetable vs. fruit. *Journal of Agricultural Science*, 10(3), 187. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n3p187>
- Mohamed, A., y Medany, M. (2015). Economic indicators of navel orange and keitt mango: comparison of net greenhouses vs. open field. *International Journal of Development Research*.
- Pérez, M., Plaza, B. M., Jiménez, S., Lao, M. T., Barbero, J. L., y Bosch, J. L. (2006). *The radiation spectrum through ornamental net houses and its impact on the climate generated*.
- United Nations. (2021). *UN Comtrade Database*. Retrieved from <https://comtradeplus.un.org/>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2021). *International trade statistics yearbook 2020. Volume I*. <https://doi.org/10.18356/9789210058018>

