

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DEL MELÓN HIBRIDO WESTERN  
SHIPPER BAJO DIFERENTES TENSIONES DE HUMEDAD DEL SUELO**

Por:

**GAUDENCIO HERIBERTO ANTONIO CALIHUA**

**T E S I S**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DEL MELÓN HIBRIDO WESTERN  
SHIPPER BAJO DIFERENTES TENSIONES DE HUMEDAD DEL SUELO

Por:

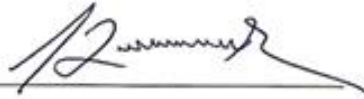
**GAUDENCIO HERIBERTO ANTONIO CALIHUA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

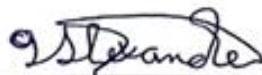
**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Aprobada por el H. Jurado Examinador:



**Dr. Alejandro Zermeño González**

Asesor principal



**Dr. José Alexander Gil Marín**

Asesor



**M.C. Pascual Ervidan Pérez Díaz**

Asesor



**M.C. Sergio Sánchez Martínez**

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2024

## DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega), reproducir un texto propio anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio), comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propio, omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas, utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo, utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizó por las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



---

Gaudencio Heriberto Antonio Calihua

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, quien ha sido mi guía constante a lo largo de este viaje académico. Su amor incondicional y su infinita misericordia han sido mi fuerza en los momentos de dificultad y mi luz en los momentos de logro.

**A mi Alma Terra Mater**, por abrirme las puertas y brindarme las herramientas, conocimientos y enseñanzas necesarias para mi formación académica profesional.

**Al departamento de Riego y Drenaje**, por todas las herramientas que me ofreció, junto con sus grandes profesores que me enseñaron y guiaron para crecer profesionalmente.

**Al Dr. Alejandro Zermeño González** por su valioso apoyo y orientación durante todo el proceso de esta investigación. Su experiencia y dedicación fueron cruciales para el éxito de mi trabajo, agradezco su paciencia, consejos y disposición para ayudarme en cada paso.

**Al Dr. José Alexander Gil Marín** por su invaluable apoyo, dedicación, disposición y colaboración en esta investigación. Su constancia, paciencia y comprensión fueron fundamentales para el éxito de este proyecto.

**Al M.C. Ervidan Pérez Diaz** por su invaluable amistad, apoyo, disposición y destacada contribución en esta investigación.

**Al M.C. Armando Moreno** por sus valiosos consejos en el área de nutrición durante esta investigación.

**A mis queridos padres Nicasio Antonio y Emma Calihua**, les expreso mi más profundo agradecimiento por su inquebrantable apoyo y amor a lo largo de mi trayectoria de vida.

**A mi tío Jorge Luis**, por su apoyo incondicional, consejos y por inspirarme a perseguir mis sueños.

**A mi mejor amigo Jesús González**, por los momentos inolvidables que compartimos a lo largo de nuestra carrera y por todo su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. Gracias por creer en mí y por tu disposición constante en la elaboración de esta tesis. Estoy muy agradecido por tener un amigo como tú a mi lado.

**A mis amigos de la carrera, Joel, Alexsander, Guadalupe, Karen, Karina**, y compañeros que estuvieron conmigo en los momentos de estrés y alegría durante este largo y retador camino. Su apoyo, confianza, soporte y cariño han sido invaluable, cada uno de ustedes ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra.

Para todas aquellas personas que en este escrito no los estoy mencionando sinceramente, les agradezco todo su apoyo, el cual ha sido invaluable en mi camino. Su contribución ha dejado una marca indeleble en mi vida y estoy profundamente agradecido por su presencia y apoyo incondicional.

*¡Gracias!*

## **DEDICATORIAS**

### ***A mis padres Nicasio Antonio Cid y Emma Calihua Antonio***

*Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas. En los días y noches difíciles de estudio, su apoyo incondicional ha sido mi mayor fortaleza. Son mi inspiración para seguir, ejemplos de entrega y dedicación. Hoy, al concluir esta etapa académica, les dedico este logro a ustedes, mis amados padres, como una prueba de todo el amor y sacrificio que han invertido en mí. Su presencia constante en los momentos importantes de mi vida es un regalo invaluable. Estoy profundamente orgulloso de tener unos padres tan excepcionales como ustedes. Gracias por ser mi guía, mi apoyo y por creer siempre en mí.*

### ***A mis hermanos Iván y Alexander***

*Quiero dedicar este logro a ustedes, mis adorables hermanos, cuyo amor y alegría han iluminado mi vida. A pesar de su corta edad, han sido una fuente constante de inspiración y motivación para mí. Su inocencia, curiosidad y energía inagotable han recordado la importancia de mantener la pasión y el entusiasmo en cada paso del camino. Que este logro sea un recordatorio de que pueden lograr cualquier cosa que se propongan. Estoy profundamente agradecido por su amor incondicional y por ser una parte tan especial de mi vida.*

### ***A mis abuelos Gaudencio y Serafina***

*Quienes han sido una fuente constante de amor, sabiduría y apoyo a lo largo de mi vida. Su ejemplo de dedicación, perseverancia y cariño han dejado una huella imborrable en mi corazón. Agradezco profundamente todas las enseñanzas y momentos compartidos. Su amor incondicional ha sido mi mayor fortaleza.*

### ***A mis queridos tíos, tías y toda mi familia***

*Esta tesis es el resultado de un esfuerzo conjunto y el reflejo del amor, apoyo y sacrificio de cada uno de ustedes. Su presencia ha sido mi mayor motivación y su respaldo incondicional ha sido mi fuerza en los momentos más difíciles. Agradezco profundamente su constante aliento, comprensión y confianza en mí. Este logro es también suyo, y lo comparto con gratitud y amor.*

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>v</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>viii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>HIPOTESIS</b> .....	<b>3</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
Origen.....	4
Taxonomía .....	5
Morfología .....	6
Planta.....	6
Raíz .....	6
Tallo .....	6
Hoja.....	7
Flores.....	7
Fruto .....	8
Semilla .....	8
Tipos de melones .....	9
Condiciones edafoclimáticas .....	10
Producción mundial y nacional.....	10
Importancia económica y social .....	12
Tensión de humedad del suelo y el rendimiento de cultivos .....	12
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
Ubicación del sitio del estudio.....	19
Características físico-químicas del suelo del lote experimental .....	20

Establecimiento y manejo del cultivo.....	20
Diseño estadístico experimental .....	21
Control nutricional .....	22
Control fitosanitario .....	23
Mediciones realizadas .....	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
Rendimiento del cultivo .....	25
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>31</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>32</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pag</b>
<b>Cuadro 1.</b> Características físicas y químicas del suelo del campo experimental	20
<b>Cuadro 2.</b> Tiempos y frecuencia de riego de los tratamientos	22
<b>Cuadro 3.</b> Nuero de riegos aplicado, tiempos de riego y volumen total de agua aplicado durante el ciclo del cultivo	22
<b>Cuadro 4.</b> Plan de fertilización aplicado al cultivo de melón	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag</b>
<b>Figura 1.</b> Área del trabajo experimental	19
<b>Figura 2.</b> Relación entre la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego en los frutos por planta, peso del fruto y el rendimiento de un cultivo de melón (hibrido Western Shipper).	26
<b>Figura 3.</b> Relación entre la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego y el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, y el espesor de mesocarpio, de un cultivo de melón (hibrido Western Shipper)	28
<b>Figura 4.</b> Relación entre la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos y los grados Brix de los frutos y el contenido de clorofila de las hojas.	30



## RESUMEN

La medición de la humedad disponible en el suelo es necesaria para lograr una programación eficiente de los riegos para obtener altos rendimientos usando la mínima cantidad de agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres tensiones de humedad del suelo en el rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) híbrido Western Shipper. El estudio se realizó en el Jardín Hidráulico del Departamento de Riego, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se usó un diseño estadístico experimental en bloques al azar de tres tratamientos correspondientes a tres tensiones de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos (25 kPa, 35 kPa y 45 kPa), y cuatro repeticiones. Para la comparación múltiple de media de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). Los resultados mostraron que, el estrés hídrico ocasionado al aplicar los riegos a cualquier nivel de tensión de la humedad del suelo (25 kPa, 35 kPa y 45 kPa) no afectaron el número de frutos por planta. Sin embargo, el peso del fruto, rendimiento, diámetro polar y ecuatorial del fruto y el espesor del mesocarpio decrecen al aplicar los riegos a 45 kPa de tensión de humedad del suelo, indicando una clara sensibilidad del melón híbrido Western Shipper al estrés hídrico.

**Palabras clave:** *Cucumis melo L.*, estrés hídrico, tensión de humedad del suelo, tensiómetro, grados Brix

## ABSTRACT

Measurement of the soil moisture availability is fundamental to achieving efficient irrigation scheduling, which will obtain high yields using the minimum amount of water. This work aimed to evaluate the effect of three soil moisture stresses on the yield and quality of fruits of a Western Shipper hybrid melon (*Cucumis melo* L.) crop. The study was conducted in the Hydraulic Garden of the Irrigation and Drainage Department, Antonio Narro Autonomous Agrarian University. An experimental statistical design was used in randomized blocks of three treatments corresponding to three soil moisture tensions for irrigation applications (25 kPa, 35 kPa, and 45 kPa) and four repetitions. The Tukey test was applied for the multiple comparisons of the treatment means ( $\alpha \leq 0.05$ ). The study's results showed that the water stress caused by applying irrigation at any level of soil moisture tension (25 kPa, 35 kPa, and 45 kPa) did not affect the number of fruits per plant. However, the weight of the fruit, yield, polar and equatorial diameter of the fruit, and the thickness of the mesocarp decrease when irrigation is applied at 45 kPa of soil moisture tension, indicating a clear sensitivity of the Western Shipper hybrid melon to water stress.

**Keywords:** *Cucumis melo* L., water stress, soil moisture tension, tensiometer, degrees Brix

## INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo L*) es una planta dicotiledónea, herbácea perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, género que también comprende el pepino (*Cucumis sativus L.*), la calabaza (*Cucurbita moschata Duchesne*) y la sandía (*Citrullus lanatus*), entre otros. Este cultivo se favorece en ambientes con temperaturas cálidas y moderadamente secas, aunque no muestra una alta exigencia respecto al tipo de suelo, se obtienen mejores rendimientos en suelos con abundante materia orgánica, profundidad adecuada, buena capacidad de drenaje, óptima aireación y un pH entre 6 y 7. El fruto es de forma variable (esférica, elíptica, aovada, etc.); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia (SIAP, 2018).

A nivel mundial, el cultivo de melón abarca aproximadamente 72 países (FAO, 2022), del cual el 82% de la producción se concentra en diez países, entre los que se incluyen China, Turquía, India, Kazajstán, India, Afganistán., Guatemala, Irán, Brasil y Bangladesh (FOSTAT, 2022). En el año 2022, la producción global de melón alcanzó un total de 28.5 millones de toneladas. En este contexto, México ocupó la posición número doce entre los países productores de melón (FAO, 2022).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2024), reportó que la producción nacional de melón para el año 2022 alcanzó un total de 579,900.93 toneladas. En este contexto, los estados líderes en producción fueron los siguientes: Coahuila, con una cifra de 127,236.89 toneladas; Guerrero, con 104,414.50 toneladas; Sonora, con 93,986.49 toneladas; y Michoacán, con 87,299.54 toneladas. México no solo logra satisfacer la demanda interna de melones, sino que también exporta volúmenes significativos hacia mercados extranjeros como Estados Unidos, Canadá y Japón. La exportación de melones representa un componente fundamental en la economía agrícola y social de México, dada la extensión considerable de las áreas de cultivo, los altos niveles de producción, su relevancia como fuente de empleo e ingresos para los productores, así como por su contribución a la generación de divisas para el país.

A pesar de que el melón es una planta demandante de agua, los estudios han demostrado que el riego debe realizarse de forma adecuada, ya que el exceso y déficit hídrico provoca pérdidas en la producción y calidad de los frutos. Sin embargo, muchos productores aplican el riego sin un correcto manejo de los volúmenes de agua requeridos para un adecuado desarrollo del cultivo. El monitoreo de la humedad del suelo mediante tensiómetros ha sido una de las estrategias más utilizadas para definir el momento oportuno para la aplicación de los riegos (Carvalho *et al.*, 2011; Marouelli *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2011).

El riego por goteo es el más adecuado para el cultivo de melón, ya que se evita el humedecimiento de las hojas, con lo que se reduce la incidencia de plagas y enfermedades. Con este sistema se tiene mejor control en la quimigación y eficiencia en el uso del agua (Pereira *et al.*, 2017; Guimarães *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2021)

Diversos estudios han mostrado que al aplicar los riegos con base a la tensión de humedad del suelo se puede mejorar el crecimiento y rendimiento de cultivos. Por ejemplo, Núñez-Ramírez *et al.* (2020) reportaron que el rendimiento máximo de un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) se obtiene cuando los riegos se aplican a una tensión de humedad del suelo no mayor de 20 kPa. Para tomate bajo condiciones de invernadero el máximo rendimiento también se obtiene al regar a una tensión de la humedad del suelo de 20 kPa (Rangel-Rodríguez *et al.*, 2022). El estudio de Huh *et al.* (2020), demostró que la sandía (*Citrullus lanatus*) se debe regar a una tensión de entre 30 y 40 kPa para un crecimiento vigoroso y desarrollo reproductivo, que resulta en altos rendimientos. El rendimiento mayor, con frutos de mayor diámetro de un cultivo de melón se obtuvo con riegos aplicados a una tensión de humedad del suelo de 15 kPa, y el menor rendimiento se obtuvo cuando los riegos se aplicaron a una tensión de 60 kPa (Teixeira do Nascimento *et al.* 2022). Sin embargo, Olguín *et al.* (2020) obtuvo mejores rendimientos de un cultivo de melón cuando las plantas se regaron a un estrés hídrico de 30 kPa.

Bajo la hipótesis de que el incremento de la tensión de humedad del suelo no afecta el rendimiento ni la calidad de frutos, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres tensiones de humedad del suelo (25, 35 y 45 kPa) para la aplicación de los riegos, en el rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.)

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluación del efecto de tres tensiones de humedad del suelo (25, 35, 45 kPa), en el rendimiento y calidad de frutos de un cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) híbrido Western Shipper.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el efecto de la tensión de humedad del suelo en el peso y el número de frutos de cada planta.
- Determinar el contenido de Grados Brix en el fruto del melón (Western Shipper) bajo diferentes tensiones de humedad del suelo.
- Evaluar la tensión de humedad del suelo en el rendimiento y calidad del híbrido Western Shipper.

## **HIPOTESIS**

El incremento de la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego aumenta los grados brix, sin afectar considerablemente el rendimiento del melón Western Shipper.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Melón (*Cucumis melo L.*)

El melón (*Cucumis melo L.*) es una planta dicotiledónea importante dentro de la familia de las cucurbitáceas, este género alberga otras especies relevantes, como el pepino (*Cucumis sativus L.*), la calabaza (*Cucurbita moschata Duchesne*), y la sandía (*Citrullus lanatus*), entre otras. (Buczowska *et al.* 2023).

Las plantas de melón, científicamente denominadas (*Cucumis melo L.*), son enredaderas herbáceas anuales caracterizadas por tallos pubescentes rugosos que pueden alcanzar una longitud de hasta 2 o 3 metros, sus hojas, lobuladas y reniformes, presentan dimensiones que oscilan entre 7 y 5 cm de diámetro, exhibiendo una cubierta de finos pelos. El proceso de floración en las plantas de melón es distintivo; inicialmente emergen las flores masculinas en los tallos, seguidas, unos días después, por las flores femeninas en los tallos jóvenes. (Badriyah y Achmad., 2022).

Los melones presentan una diversidad de tipos de pulpa, que abarcan desde tonalidades naranjas, verdes y amarillas, caracterizados por un sabor exquisito y delicado, particularmente apreciado durante las estaciones cálidas. Su morfología tiende a ser redondeada u ovalada, con una cáscara de textura lisa o reticulada, y un peso que fluctúa entre 800 g y 3 kg. El cultivo de melones muestra un óptimo desarrollo en zonas costeras y marginales, donde las temperaturas pueden alcanzar los 25 °C. (Kizatova *et al.* 2022).

### Origen

Se considera que África es el centro de origen del melón debido a la frecuente ocurrencia de especies silvestres de *Cucumis* con un número cromosómico  $n=12$ , siendo todas las formas cultivables diploides. Además, la presencia de plantas silvestres de *Cucumis melo* en el este de África tropical y en el sur del desierto del Sahara respalda esta afirmación. (Chikh-Rouhou *et al.* 2021).

El origen de los melones ha sido objeto de debate entre los investigadores, con evidencia que señala tanto a África como a Asia occidental. Los estudios genéticos sugieren que los melones cultivados pueden haber surgido en África e India a través de

múltiples procesos de domesticación independientes, lo que respalda la hipótesis de un origen africano. (Zhao *et al.* 2023). Además, la presencia de especies silvestres de *Cucumis melo* en las zonas tropicales de África Oriental refuerza aún más la teoría de su origen africano. Por otro lado, descubrimientos arqueológicos en Asia occidental, especialmente en el valle de Harapan en la India, han revelado evidencia de semillas de melón que datan de 2500 o 2000 años a.C, lo que sugiere una larga historia de cultivo en esa región. (Chikh-Rouhou *et al.* 2021). Aunque algunos investigadores como (Renner *et al.* 2019), favorecen la teoría del origen africano, a pesar de los hallazgos contradictorios arqueológicos en Asia occidental, complican el debate y subrayan la necesidad de llevar a cabo más investigaciones para comprender completamente la historia de la domesticación de los melones.

### **Taxonomía**

La taxonomía del melón representa un campo complejo que integra datos morfológicos y moleculares para la clasificación precisa de los cultivares. Según Jung *et al.* (2020) el melón (*Cucumis melo L.*) está comprendido dentro de la siguiente clasificación taxonómica.

<b>División</b>	Embriophyta, Asiphonogrma, Criptógamas vasculares
<b>Subdivisión</b>	Angiospermas
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Metaclamídias
<b>Orden</b>	Cucurbitales
<b>Familia</b>	Cucurbitaceae
<b>Genero</b>	Cucumis L.
<b>Especie</b>	melo L.

## **Morfología**

La morfología del melón (*Cucumis melo L.*) engloba una serie de características fundamentales que son de vital importancia para los estudios de diversidad genotípica y para los programas de mejoramiento.

### **Planta**

El melón se caracteriza por su hábito de crecimiento rastrero, su vigoroso desarrollo y la presencia de guías robustas y múltiples ramas. El ciclo de crecimiento de estas plantas generalmente varía entre 80 y 140 días, dependiendo de la variedad. (Buczowska *et al.* 2023)

### **Raíz**

El sistema radical de la planta de melón está compuesto por una raíz principal, pivotante, que puede alcanzar una profundidad de aproximadamente 120 a 150 cm. Aunque la mayor densidad de raíces se ubica en los primeros 40-50 cm, simultáneamente se generan raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa y de cierto volumen. (Li *et al.* 2023).

### **Tallo**

Los tallos del melón presentan características de ser sarmentosos, verdes, flexibles y ramificados, con una sección pentagonal, cuadrangular o cilíndrica en las plantas jóvenes, que parecen blandos y cubiertos de formaciones vellosas débiles. El patrón de crecimiento rastrero de las plantas de melón les permite desarrollarse a nivel del suelo, mientras que algunas variedades pueden trepar utilizando zarcillos caulinares, que se utilizan en ciertos métodos de cultivo. (Yang *et al.*, 2020). En el tallo principal del melón, se insertan las hojas, cuyas axilas dan origen a las ramificaciones secundarias o "hijos". Estas, a su vez, generan ramificaciones terciarias o "nietos", donde predominan las flores femeninas, responsables de la producción de frutos. Debido a su estructura débil, las plantas de melón tienden a postrarse en el suelo si no cuentan con soportes adecuados, sirviéndose del suelo como sostén para su desarrollo, pudiendo alcanzar alturas de hasta 2,5 metros. (Hong *et al.* 2023).



## **Hoja**

Las hojas del melón generalmente exhiben características tales como, un pecíolo largo que oscila entre 10 y 15 cm, palminerviosas y dispuestas de manera alternada. (Gao *et al.*, 2023). Comúnmente divididas en 3 a 7 lóbulos con márgenes dentados y con una forma orbicular ovalada, reniforme o pentagonal, exhiben una pilosidad en la parte inferior como característica distintiva. El tamaño y el tono de color varían según el tipo y la variedad de melón. Estas hojas, mediante un fototropismo positivo, ajustan su posición en respuesta a la orientación del sol para optimizar el equilibrio energético y regular el contenido de agua en los tejidos. (Oren *et al.* 2022).

Las hojas del melón, asimismo, pueden presentarse con lóbulos apenas visibles. Dichas hojas surgen en cada nudo del tallo junto a los zarcillos, y su color y tamaño pueden variar de una variedad a otra. Además, en las axilas de cada hoja en el tallo principal, emergen los brotes de segundo orden. (Lv *et al.* 2018).

## **Flores**

Las flores del melón exhiben una diversidad de tipos sexuales, entre los que se incluyen morfotipos monoicos, andromonoicos, ginoicos y hermafroditas. Están sujetas a complejos mecanismos reguladores que gobiernan su expresión sexual. (Fang *et al.* 2022).

En las axilas de las hojas, se forman yemas conocidas como floríferas que generan flores gamopétalas con periantio doble (diploclamídeas), predominantemente masculinas y femeninas, cuya aparición está condicionada por el ambiente y la variedad cultivada. (Nguyen *et al.*, 2022). Las flores femeninas, que se distinguen fácilmente de las masculinas porque poseen un ovario ínfero notablemente visible, son las responsables de originar el fruto una vez polinizadas. Las flores del melón, de color amarillo, se presentan con un pedúnculo y se sitúan en las axilas de las hojas. (Nashiki *et al.* 2022).

Las flores masculinas de las plantas de melón suelen surgir entre 10 y 15 días después de la siembra, emergiendo ya sea individualmente o en grupos de dos o tres en las ramas principales o de primer orden, manteniendo una presencia constante a lo largo de todo el ciclo de crecimiento. Por otro lado, las flores femeninas, ligeramente más grandes, tienden a desarrollarse en ramas de segundo orden y surgen entre 20 y 25 días

después de la siembra, aproximadamente 10 días más tarde que las flores masculinas, variando según la variedad y el sistema de cultivo. (Buczowska *et al.* 2023).

### **Fruto**

Los frutos del melón exhiben una notable variabilidad en cuanto a forma, tamaño, color y textura, influenciada por una combinación de factores genéticos y ambientales. El color de la cáscara del melón puede presentar variaciones desde blanco amarillento hasta verde o moteado, mientras que la pulpa puede oscilar entre blanco, verdoso o naranja, reflejando así diferencias en el contenido de carotenoides y las etapas de maduración. (Zhao *et al.*, 2023). La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta del melón, que alberga las semillas, puede presentar diferentes consistencias, ya sea seca, gelatinosa o acuosa, lo que influye en la textura general y la sensación en la boca de la fruta. (Kizatova *et al.* 2022).

### **Semilla**

La semilla de melón se compone de tegumentos que protegen la semilla, sustancias nutritivas y el embrión, siendo este último la parte crucial para la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de melón varían en tamaño y peso, por ejemplo, las variedades españolas como 'Piel de Sapo' y 'Amarillo Canario' contienen entre 25 y 30 semillas por gramo. Generalmente tienen forma fusiforme, son aplanadas, lisas, miden entre 3 y 6 mm de largo, y tienen un color blanco amarillento. La facultad germinativa de estas semillas suele durar aproximadamente entre 5 y 6 años. (Wang *et al.* 2021).

Se ha descubierto que las semillas de melón son una fuente valiosa de nutrientes, con estudios que indican que contienen altas cantidades de ácido linoleico. Este compuesto se ha asociado con la regulación de la producción de hormonas, la mejora de la función neuronal, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la reducción de los niveles de colesterol, lo que ayuda a prevenir ciertos problemas cardíacos. (Loera-Hernández y Espinosa-Garza., 2019).

## **Tipos de melones**

La clasificación comercial de los melones no se basa en especies botánicas ni híbridos, sino en diversos tipos que se distinguen por características como el tipo de piel, color de la pulpa y forma del fruto. Cada tipo se define por una característica claramente identificable y diferenciada de los demás. (Zhang *et al.* 2023).

**Amarillo:** El melón amarillo, originario de España, se destaca por su piel de color amarillo y su pulpa de textura blanca y cremosa. La variedad más exportada de este tipo es el melón amarillo redondo liso, con un peso típico que oscila entre 1 y 2.5 kg, este melón se caracteriza por su piel lisa o áspera, su forma ovalada y su pulpa de color verde claro a blanco cremoso. La pulpa se describe como crujiente, extremadamente dulce (con un contenido de azúcar que varía entre 12 y 16 grados Brix) y está envuelta en una corteza notablemente gruesa. (Flores-León *et al.* 2022).

**Piel de sapo:** Estos melones reciben su denominación debido al color verdoso amarillento de su piel, con manchas verdes más oscuras y un patrón de escritura débil. Los frutos son de forma ovalada y tienen un peso que varía entre 2 y 5 kg. Su carne es dulce, con un contenido de azúcar de 11-16 grados Brix, compacta y crujiente, lo que la hace resistente al transporte. Son variedades que tradicionalmente se cultivan al aire libre, pero últimamente están siendo introducidas en los invernaderos. (Cavalcante *et al.* 2021).

**Cantaloupe:** De origen norteamericano, es el tipo de melón más cultivado a nivel mundial. Este fruto tiene forma esférica y se caracteriza por tener una cáscara gruesa con un patrón reticulado en toda su superficie. Su pulpa es de color naranja o salmón, suave, dulce y posee un aroma distintivo. Se cosecha cuando el contenido de azúcar, medido en grados Brix, está entre 12 y 14. Si se recolecta con un mayor contenido de azúcar, el tiempo de conservación del fruto se reduce considerablemente. (Mina y Deering. 2022).

**Charentais:** Es un melón francés conocido por sus dos variedades: una de piel lisa y otra de piel reticulada, ambas divididas por suturas de color verde oscuro. La variedad de piel lisa suele presentar una coloración verde clara o ligeramente gris, mientras que la del tipo de piel reticulada también presenta suturas de color verde oscuro. Esta variedad de melón es redonda, pesa entre 1 y 1.5 kg, y tiene una pulpa de color naranja que es muy fragante y jugosa, aunque no demasiado dulce. (Jouhaud, 2022).

### **Condiciones edafoclimáticas**

**Clima:** necesitan calor y niveles moderados de humedad para prosperar adecuadamente, ya que un exceso de humedad puede obstaculizar su maduración. Las heladas representan una amenaza significativa en cualquier etapa del crecimiento de las plantas de melón. Estudios han evidenciado que temperaturas más elevadas durante la fase de maduración resultan en una fruta de mayor calidad, con niveles superiores de azúcares totales y azúcares reductores, lo que en última instancia contribuye a mejorar el valor nutricional de los melones. (Buczowska *et al.* 2023).

**Temperatura:** La temperatura juega un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de las plantas de melón, influyendo en funciones vitales como la germinación, transpiración, fotosíntesis y floración. Según la investigación, la temperatura óptima para el crecimiento del melón varía entre 28-30 °C durante el día y 18-22 °C durante la noche. Se establece un punto vegetativo a 13-15 °C, con riesgo de congelación a 1 °C. (Li *et al.* 2023).

**Suelo:** La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y pH comprendido entre 6 y 7. Si es exigente en cuanto a drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbres en frutos. (Buczowska *et al.*, 2023). Son moderadamente tolerantes a la presencia de sales tanto en el suelo como en el agua de riego. Valores máximos aceptables son: 2,2 ds/m en el suelo y 1,5 ds/m en el agua de riego. Los suelos arenosos, en el melón, provocan una fructificación y maduración demasiado rápida, que da lugar a frutos pequeños y de calidad mediocre. (Malik *et al.* 2023).

### **Producción mundial y nacional**

La producción de melón es una actividad agrícola de gran relevancia a nivel mundial, con numerosas regiones que ofrecen las condiciones agroecológicas óptimas para su cultivo. (Chikh-Rouhou *et al.*, 2023). Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO) indican que el rendimiento promedio

durante el año 2022 alcanzo un total de 28.5 millones de toneladas de melón en una superficie total de 1,062,501 ha. (FAOSTAT, 2022).

En lo que respecta a los países productores de melón, el 82% de la producción mundial anual proviene de 10 países, entre los cuales China destaca con una producción de 14,200,547 t, Turquía 1,587,230 t, India 1,498,000, Kazajstán 1,214,412 t, Afganistán 809,194 t, Guatemala 736,656 t, Irán (República Islámica) 700,000 t, Brasil 699,281 t, Bangladesh 599,939 t e Italia 599,230 toneladas. (FAO, 2022).

En México se produce melón cantaloupe y valenciano en ambos ciclos agrícolas a lo largo del año, siendo la región Lagunera un área clave para el cultivo de melón. Del volumen total del año agrícola 2022, el Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera (SIAP 2023), reporta una superficie de siembra de 18,115 hectáreas y una producción total de 579,900.93 toneladas; 5.4% más que lo cosechado en 2021, en el ciclo otoño- invierno, siendo los siguientes estados líderes de mayor producción; Coahuila con un total de 127,236.89 toneladas, Guerrero con 104,414.50 toneladas, Sonora con 93,986.49 toneladas y Michoacán con 87,299.54 toneladas. (SADER, 2022).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural reportó que en 2023 la producción de melón en México alcanzó un total de más de 642,000 toneladas, cultivadas en una superficie de siembra que abarcó 19,501 hectáreas. Este rendimiento representó un aumento del 11.2% con respecto al año anterior, marcando así la producción más alta en los últimos tres años. Además, esta cifra superó el promedio anual de producción de melón de la última década, que se sitúa en 581,000 toneladas. De esta manera México se ubica como el décimo segundo productor mundial, aportando con un 1.9% al volumen producido a nivel internacional, de acuerdo con el organismo estadístico. Con estos datos, México se consolida como el décimo segundo mayor productor mundial de melón, contribuyendo con un 1.9% al volumen total producido a nivel global, según las estadísticas. Esta posición refleja la eficiencia y el crecimiento sostenido de la industria mexicana del melón, así como su capacidad para competir en el mercado internacional de manera significativa. (SADER, 2024).

Además de abastecer el mercado interno, los productores de melón mexicanos exportan este fruto a varios países, incluidos Estados Unidos, Japón, Hong Kong, Cuba,

Colombia, Belice, Canadá y Emiratos Árabes. Solo en 2022, México exportó melones por un valor equivalente a 25 millones 698 mil dólares a Estados Unidos, lo que destaca la importancia de esta nación como destino principal de las exportaciones de melón mexicano. Esta cifra subraya la relevancia del mercado estadounidense para los productores de melón en México y su capacidad para competir a nivel internacional. (SADER, 2024).

### **Importancia económica y social**

La industria del melón en México representa una importante fuente de ingresos y empleo, con 19,501 hectáreas dedicadas a su cultivo y altos volúmenes de producción. Este sector no solo diversifica la economía mexicana, sino que también impulsa una cadena de valor completa que beneficia a agricultores, trabajadores del campo y otros actores dentro de la cadena comercial. (Chen *et al.*, 2023). Además de generar empleo en áreas rurales, el cultivo de melón contribuye al desarrollo regional al promover la inversión en infraestructura agrícola y logística. En última instancia, la producción y exportación de melón no solo fortalecen la estabilidad económica del país, sino que también mejoran el nivel de vida de las comunidades involucradas y contribuyen a la generación de divisas. (Buczowska *et al.* 2023).

El consumo de melón no solo es delicioso, sino que también es altamente nutritivo, aportando una variedad de beneficios para la salud. Este fruto es rico en agua, vitaminas A, B, C y E, ácido fólico, fibra y minerales como calcio, hierro y potasio. Estos nutrientes son esenciales para mantener la hidratación, eliminar toxinas, prevenir el estreñimiento y promover una piel sana. Además, el consumo regular de melón, como parte de una dieta equilibrada, puede ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares, destacando su papel en la promoción de la salud y el bienestar general. (SADER, 2024).

### **Tensión de humedad del suelo y el rendimiento de cultivos**

A pesar de la alta demanda de agua por parte del melón, es crucial que el riego se realice de manera precisa, ya que tanto el exceso como el déficit hídrico pueden causar pérdidas significativas en la producción y calidad de los frutos. Para abordar esta

problemática, el monitoreo de la humedad del suelo a través de tensiómetros ha surgido como una de las estrategias más efectivas. Estos dispositivos permiten a los agricultores determinar el momento exacto para el riego, optimizando así el uso del agua y maximizando el rendimiento del cultivo. Su aplicación adecuada no solo beneficia la producción agrícola al mejorar la calidad y cantidad de los frutos, sino que también contribuye a la conservación de recursos hídricos y a la sostenibilidad ambiental en general. (Marouelli *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2011).

La medición de la tensión del agua en el suelo es crucial, ya que proporciona una indicación directa del estado energético del agua tanto en las plantas como en el suelo. Esta medida puede ser entendida de manera análoga a la fuerza de succión necesaria para que las plantas extraigan agua del suelo, lo que a su vez refleja sus niveles de estrés hídrico. (Awad-Allah., 2020). Tarantino *et al.*, (2022) sugieren que, para obtener mediciones precisas de la humedad del suelo, es recomendable emplear tensiómetros, estos dispositivos proporcionan unidades de presión negativa, también conocida como tensión, que indica la fuerza necesaria que las raíces de las plantas deben ejercer para extraer agua de los poros del suelo.

Dichuan *et al.* (2022) mencionan que la variabilidad de la humedad del suelo ejerce un impacto significativo en el desarrollo vegetal y la asimilación de nutrientes, lo cual repercute directamente en el rendimiento de los cultivos. La investigación señala que mantener condiciones estables de humedad en el suelo promueve un mejor crecimiento vegetal y una mayor eficiencia en la utilización del agua, lo que a su vez aumenta los rendimientos agrícolas. La estabilidad en la humedad del suelo se asoció con mejoras en el crecimiento de la lechuga romana y en la eficiencia hídrica. Además, se observaron diferencias en la composición de la comunidad microbiana. Con el manejo del agua de riego en cultivos basado en tensión de humedad del suelo se puede determinar apropiadamente el intervalo entre riegos y la profundidad del bulbo de humedad. Con ello, se tiene la ventaja de optimizar y ahorrar insumos como fertilizantes y agua. Además, el manejo adecuado de ambos permite incrementar el crecimiento, el rendimiento y la calidad de las cosechas de los cultivos.

Núñez-Ramírez *et al.* (2020) en un estudio para evaluar la respuesta en el crecimiento y rendimiento de un cultivo de maíz sometido a diferentes tensiones de humedad del suelo (10, 20, 30 y 40 kPa) en el Noroeste de México. Observaron un mayor crecimiento de las plantas al inicio del experimento, lo cual estuvo asociado con tensiones de humedad bajas (10 kPa), mientras que, hacia el final del mismo, el crecimiento se relacionó con tensiones de humedad más elevadas (10 a 30 kPa). Se encontró que, a menor tensión de humedad, se manifestó una mayor precocidad en el desarrollo de las plantas. En cuanto al rendimiento, este fue máximo en tensiones de humedad del suelo de 10 a 20 kPa, siendo la mayor eficiencia en el uso del agua de riego alcanzada a una tensión de humedad de 20 kPa.

Huh *et al.* (2020) realizaron una investigación para examinar el impacto de diversas tensiones de humedad del suelo en el crecimiento y rendimiento de sandías de tamaño pequeño. Concluyeron que un suministro de agua adecuado, con un punto de inicio de riego situado entre 30 y 40 kPa, es óptimo para mantener un contenido de agua favorable en el suelo durante el cultivo de sandías de pequeño tamaño. Este enfoque favorece la producción de frutas comercializables y estimula el crecimiento vigoroso de las plantas, así como su desarrollo reproductivo. Además, observaron que cuando el suelo alcanzaba una tensión de 50 kPa, el crecimiento general de los brotes se veía retardado, pero se registraba un aumento en la longitud y el peso seco de las raíces.

Por otro lado, Rangel-Rodríguez *et al.* (202) en un estudio para evaluar el impacto de diversas tensiones hídricas en el suelo sobre la producción y calidad de frutos de tomate de la variedad F1, cultivados en condiciones de cultivo protegido y utilizando riego por goteo. Las tensiones hídricas establecidas fueron de 20, 45, 70, 95, 120 y 145 kPa, a una profundidad de 20 cm. Los resultados indicaron que, para lograr los mayores valores de producción y productividad de frutos comerciales, así como un mayor número de frutos por planta, número de frutos grandes y medianos, y una masa promedio de frutos comerciales, se recomienda regar cuando la tensión hídrica en el suelo sea de alrededor de 20 kPa, a una profundidad de 20 cm. Además, encontraron que las diferentes tensiones hídricas en el suelo no tuvieron un impacto significativo en la acidez titulable, el pH, la relación de sólidos solubles totales y acidez titulable, así como en la pectina soluble.



Mientras tanto Mukherjee *et al.* (2023) proponen un sistema de riego por goteo con una tensión de humedad del suelo de 10 kPa para reducir el aporte total de agua mediante un riego preciso, al mismo tiempo que se maximiza el rendimiento del tomate y la productividad del agua. En su experimento de evaluación del crecimiento, rendimiento y productividad del agua en un cultivo de tomate bajo riego por goteo, lograron rendimientos significativamente altos, con un aumento del 22% en comparación con los años 2020 y 2021.

Teixeira do Nascimento *et al.* (2022) evaluando la producción y el comportamiento cualitativo del melón mallado en un ambiente protegido, sujeto a diferentes tensiones hídricas del suelo y dosis de potasio aplicadas mediante fertirrigación. Las tensiones hídricas del suelo utilizadas fueron 15, 30, 45 y 60 kPa. Observaron que el rendimiento y el diámetro de los frutos disminuyeron a medida que aumentaba la tensión hídrica del suelo. Los mejores resultados en términos de rendimiento, así como de diámetro longitudinal y transversal del fruto, se obtuvieron con una tensión de 15 kPa, mientras que los valores más bajos se observaron con la tensión de 60 kPa. Estos resultados se obtuvieron utilizando una dosis de 247.68 kg/ha<sup>1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Olguín *et al.* (2020), en una evaluación del efecto de diferentes tensiones de humedad en la calidad comercial y nutracéutica de los melones. Para ello, las plantas de melón se cultivaron bajo sombra con tres niveles de tensión de humedad del suelo: 20, 30 y 40 kPa. Los resultados mostraron que las plantas sometidas a una tensión de 30 kPa presentaron una mayor firmeza en los frutos, lo que se tradujo en un mayor rendimiento. Además, se observó una mayor actividad de la enzima catalasa en estos frutos. Estos hallazgos sugieren que mantener una tensión de humedad del suelo de 30 kPa puede ser beneficioso para mejorar la calidad comercial y nutracéutica de los melones, al promover una firmeza frutal adecuada y una mayor actividad enzimática.

Mientras que en el estudio de, Aragón (2018), investigó el efecto del injerto versus no injerto en un cultivo de melón bajo diferentes tensiones hídricas (20, 30 y 40 kPa). Se observó que el uso de injerto no influyó significativamente en variables como el crecimiento y el número de hojas, ya que presentaron valores similares entre los tratamientos. Sin embargo, las plantas injertadas mostraron un aumento en el número de

frutos. Específicamente, los tratamientos que se destacaron fueron aquellos con injerto y una tensión hídrica de 30 y 40 kPa, lo que sugiere un efecto positivo del injerto en la producción de frutos. En cuanto al peso de los frutos, los mejores resultados se observaron en plantas injertadas bajo tensiones de 20 y 40 kPa. Para la firmeza del fruto, la influencia del injerto fue positiva a una tensión de 30 kPa. Además, se encontró que los frutos con mayor contenido de sólidos solubles totales se obtuvieron de plantas injertadas con una tensión hídrica de 40 kPa. En resumen, la injertación de plantas de melón tuvo un efecto positivo en algunas variables agronómicas, como el peso y la calidad de los frutos, aunque puede afectar el crecimiento vegetativo.

En el estudio realizado por Rivera-Hernández *et al.* (2022), se evaluó el rendimiento, la fisiología y la calidad del fruto, así como la huella hídrica, en limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) en respuesta a la tensión de humedad del suelo en dos etapas fenológicas en Campeche, México. Se emplearon cuatro tensiones de humedad del suelo: 10, 35, 60 y 85 kPa durante las etapas fenológicas de floración. Durante el estudio, se observaron altos valores en el potencial hídrico foliar y la conductancia estomática foliar cuando las plantas fueron sometidas a tensiones de 10 y 35 kPa. Por otro lado, la tensión de 85 kPa durante la etapa de fructificación resultó en un peso de fruto bajo, mientras que las tensiones de humedad más bajas promovieron un aumento en este aspecto. El rendimiento del fruto fue mayor cuando las plantas estuvieron sometidas a tensiones de 10 y 35 kPa durante cualquier etapa fenológica. Además, se registraron valores más bajos de contenido de jugo de fruto en la tensión de 85 kPa, mientras que se observaron valores más altos de sólidos solubles en las tensiones más bajas. En conclusión, los investigadores recomiendan regar el cultivo a una tensión de humedad del suelo de 35 kPa durante la etapa de floración y de 60 kPa durante la etapa de fructificación para obtener un buen rendimiento y calidad del fruto.

Por otro lado, Rivera-Hernández (2021), evaluó el rendimiento y la calidad del fruto en respuesta a la tensión de humedad del suelo en una plantación de limón persa cultivada en alta densidad de siembra. Realizó 2 experimentos uno se llevó a cabo durante un período de sequía, el otro en periodo invernal, utilizando tres niveles de tensión de humedad del suelo (10, 35 y 45 kPa). Durante la temporada de sequía, los tratamientos

con una mayor disponibilidad de agua en el suelo (10 y 35 kPa) mantuvieron las plantas con un buen estado hídrico, lo que favoreció la fotoquímica y el intercambio de gases en las hojas. Esto se tradujo en un mayor crecimiento de brotes y un rendimiento de frutos superior. Por otro lado, durante la época invernal, se observó que el mayor rendimiento de fruto se obtuvo con una tensión de humedad del suelo de 10 kPa, disminuyendo conforme se incrementaba la tensión. Además, se encontró que los atributos de calidad del fruto, como el color, tamaño, firmeza y contenido de jugo, mejoraron al reducirse la tensión de humedad del suelo. Estos hallazgos sugieren que mantener una tensión de humedad del suelo más baja puede ser beneficioso para mejorar tanto el rendimiento como la calidad del fruto del limón persa, especialmente durante períodos de sequía.

Sanjuan-Martínez *et al.* (2023), evaluaron efecto el estrés hídrico en chile Huacle (*Capsicum annuum L.*) utilizando tres intervalos de tensión de humedad del suelo (10 a 20, 21 a 30, 31 a 40 kPa) en camas de siembra con y sin acolchado. Los resultados mostraron que la mayor disponibilidad de humedad en el suelo con acolchado aumentó en un 85% los botones florales, un 89% las flores y un 61% los frutos en comparación con el tratamiento de mayor estrés hídrico sin acolchado. Además, se observó el mayor rendimiento de frutos secos y frutos más dulces en este tratamiento. Por otro lado, la menor tensión de humedad en el suelo produjo una mayor altura de planta y un diámetro del tallo más grande. Sin embargo, la mayor tensión de humedad en el suelo con acolchado ocasionó un 30% de senescencia. Estos hallazgos sugieren utilizar un intervalo de tensión de humedad del suelo de 10 a 20 kPa con el uso de acolchado, se puede aumentar la disponibilidad de humedad en el suelo, lo que a su vez mejora el rendimiento y la calidad de los frutos del chile Huacle. Esta estrategia también puede ayudar a reducir el estrés hídrico en el cultivo, lo que es fundamental para obtener una producción óptima y de alta calidad.

Por último, Coronel., (2018) evaluó la respuesta del cultivo de arroz al estrés hídrico, utilizando cuatro niveles de tensión de humedad (0, 10, 15 y 20 kPa). Los tratamientos se aplicaron durante la fase fenológica vegetativa e inicio de la fase reproductiva, manteniendo la humedad en el resto del desarrollo del cultivo con valores cercanos a la capacidad de campo en todos los tratamientos. Se observó que la altura de la planta fue

muy sensible al déficit de agua, mostrando diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos, a excepción de la comparación entre 15 y 20 kPa. La diferencia en altura entre los tratamientos de 0 y 10 kPa fue de 10 cm. En cuanto al rendimiento, se obtuvieron mejores resultados con tensiones de 10 y 15 kPa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del sitio del estudio

El experimento se llevó a cabo a campo abierto en el período de primavera-verano 2023 en el jardín hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Figura 1), con coordenadas geográficas 25° 22' de latitud norte y 101° 22' de longitud oeste a 1743 msnm. El clima es semifrío, semihúmedo con una temperatura promedio de 14 a 18°C, precipitación media anual de 325.7 mm. (INIFAP, 2022).



**Figura 1** Área del trabajo experimental (contorno de la línea roja interior), dentro del Jardín Hidráulico del Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN, (contorno de la línea roja exterior)

Para este estudio, se utilizó el cultivo de melón (*Cucumis melo* L) híbrido Western Shipper; caracterizado por producir frutos de alta calidad y de buen tamaño, presenta madurez media-temprana, pulpa firme de color anaranjado, muy aromática, además de poseer un alto potencial productivo debido al vigor de su planta y peso promedio del fruto. Este híbrido es ideal para las temporadas de transición frío-calor y calor-frío (Clause, 2023).

## Características físico-químicas del suelo del lote experimental

Antes de la siembra se obtuvieron análisis de suelo, para el suelo se determinaron las propiedades físicas y químicas en el estrato de 0–40 cm. Los análisis de suelo se realizaron en el laboratorio de FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL (Fertilab), ubicado en Celaya Guanajuato (Cuadro 1).

La densidad aparente se evaluó por el método del cilindro, empleando una barrena de corazones, mientras que la densidad de partículas se determinó con el método de picnómetro. La porosidad del suelo ( $\eta$ ) se determinó con los valores de densidad aparente ( $\rho_b$ ) y densidad de partículas ( $\rho_s$ ) con la siguiente relación.

$$\eta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad (1)$$

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo del campo experimental (2023)

Propiedades Físicas del Suelo			Fertilidad del Suelo									
Clase Textural	Franco		Det.	Result.	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Med.	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
<sup>1</sup> Punto de Saturación	41.0	% Mod. Alto	<sup>1</sup> MO	3.77	%							
<sup>1</sup> Capacidad de Campo	21.8	% Mod. Alto	<sup>1</sup> P-Olsen	88.0	ppm							
<sup>1</sup> Punto March. Perm.	13.0	% Mod. Alto	<sup>2</sup> K	337	ppm							
<sup>1</sup> Cond. Hidráulica	5.70	cm/h Mod. Alto	<sup>2</sup> Ca	2532	ppm							
<sup>1</sup> Dens. Aparente	1.21	g/cm <sup>3</sup>	<sup>2</sup> Mg	296	ppm							
pH del Suelo y Necesidades de Yeso, Cal y Lavado			<sup>2</sup> Na *	93.0	ppm							
<sup>1</sup> pH (1:2 agua)	8.61	Alcalino	<sup>3</sup> Fe	2.48	ppm							
<sup>1</sup> pH Buffer	NA		<sup>3</sup> Zn	10.3	ppm							
<sup>1</sup> Carbonatos Totales (%)	77.9	% Muy Alto	<sup>3</sup> Mn	7.42	ppm							
<sup>1</sup> Salinidad (CE Extracto)	0.98	dS/m Bajo	<sup>3</sup> Cu	0.80	ppm							
Requerimiento de Yeso	No Requiere		<sup>1</sup> B	3.35	ppm							
Requerimiento de Cal	No Requiere		<sup>1</sup> S	24.4	ppm							
			<sup>1</sup> N-NO <sub>3</sub>	26.9	ppm							
Relación entre cationes (Basadas en me/100g)												
Relación	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/Mg								
Resultados	14.7	2.84	17.5	5.16								
Interpretación	Mediano	Mediano	Bajo	Mediano								

## Establecimiento y manejo del cultivo.

Para el estudio se usó un cultivo de melón híbrido Western Shipper, con un ciclo de maduración de 90 días. El terreno se preparó con barbecho y dos pasos de rastra en un lote de 1 064 m<sup>2</sup>. La siembra se realizó el día 5 de mayo de 2023, enterrando las semillas a una profundidad de 1 cm y una distancia de 45 cm, en camas separadas a 1.20 m por 8.7 m de

longitud. La germinación se observó cuatro días después de la siembra. Se usó un sistema de riego por goteo empleando doble cinta por cama, de 16 mm de diámetro (calibre 6 mil), con emisores separados cada 30 cm y un gasto de 1.24 LPH.

### **Diseño estadístico experimental**

Para evaluar el efecto de la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos en el rendimiento y calidad de frutos del melón, se usó un diseño estadístico experimental en bloques al azar de tres tratamientos correspondientes a tres tensiones de la humedad del suelo para la aplicación de los riegos (25 kPa, 35 kPa y 45 kPa), y cuatro repeticiones, para la comparación múltiple de media de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). Para determinar el volumen de agua por aplicar (y los tiempos de riego) a las camas, para reponer la humedad del suelo al valor de capacidad de campo, a partir de la tensión de humedad del tratamiento correspondiente, se determinó el volumen de suelo promedio de las camas de riego (cuatro mediciones) multiplicando el área promedio de la sección transversal de las camas (que se obtuvo por integración numérica; valor promedio 0.170 m<sup>2</sup>) por la longitud de las camas (8.7 m), que correspondió a un valor de 1.479 m<sup>2</sup>. Cada repetición de los diferentes tratamientos fue de tres camas

La máxima capacidad de retención de agua del suelo se obtuvo midiendo el contenido de humedad (con base a volumen) con una sonda TDR (HydroSense II, Campbell Sci., Inc., Logan, Utah, USA) cuando el promedio de tres tensiómetros (marca Irrometer, Riverside, California USA) enterrados a 20 cm bajo la superficie del suelo indicaban una tensión de humedad ligeramente superior a 0 kPa. (40 %). De igual forma, se utilizó la sonda TDR para obtener el contenido de humedad a las tensiones de 25 kPa, 35 kPa, y 45 kPa; con esta información y el gasto de los goteros se determinaron los tiempos de riego para cada valor de tensión de humedad del suelo (**Cuadro 2**). Con los tiempos de riego para cada tensión de humedad del suelo, el gasto de los emisores y el número total de riegos aplicado durante el ciclo de crecimiento de las plantas se determinó el volumen total de agua aplicada por metro de longitud de las camas de riego (**Cuadro 3**).

El monitoreo de la tensión de humedad del suelo se realizó colocando dos tensiómetros (marca Irrrometer, Inc, Riverside, CA, USA) de 30 cm de longitud a 20 cm bajo la superficie del suelo al centro de la cama en dos repeticiones de cada tensión de humedad.

**Cuadro 2.** Tiempos y frecuencia de riego de los tratamientos para reponer la humedad del suelo al valor de capacidad de campo para cada valor de tensión.

Lectura del tensiómetro (kPa)	Humedad del suelo (% en volumen)	Tiempo de riego	Frecuencia promedio (días)
25	24.71	2 horas, 45 min.	2
35	19.96	3 horas, 4 min.	3
45	16.07	4 horas con 34 min.	4

**Cuadro 3.** Nuero de riegos aplicado, tiempos de riego y volumen total de agua aplicado durante el ciclo del cultivo para cada tensión de humedad del suelo

Tensión (kPa)	Tiempo de riego (hrs)	Riegos aplicados	Gasto de 2 emisores (LPH)	Volumen por metro de longitud de cama (L)
25	2.75	23	2.48	522.34
35	3.73	15	2.48	462.06
45	4.56	10	2.48	376.58

### Control nutricional

La solución nutritiva se obtuvo con base al análisis de suelo y los requerimientos del cultivo (Cuadro 3), que se aplicó con un sistema de fertirriego la primera aplicación se dio a los 15 días después de emergencia, las aplicaciones posteriores se realizaron semanalmente

Cuadro 3 Solución nutritiva aplicada durante el ciclo de crecimiento del melón híbrido Western Shipper.



**Cuadro 4.** Plan de fertilización aplicado al cultivo de melón híbrido Western Shipper ml por cama (*Cucumis melo L*)

<b>Fertilizante</b>	<b>mL/cama</b>
Urea	40
MAP técnico	4
Nitrato de potasio	20
Nitrato de Calcio	12.5
Sulmag	25
Sulfato ferroso	100
Sulfato de manganeso	12.5
Sulfato de cobre	4

Adicionalmente, 15 días después de germinación se aplicó un enraizador (Magic Root) (100 mL/planta) para promover el desarrollo radicular, dicho enraizador está compuesto de Auxinas, Nitrógeno, Potasio, y microelementos quelatos. Se realizaron dos aplicaciones foliares de aminoácidos con el objetivo de estimular el crecimiento vegetativo, el producto utilizado fue, Messival que contiene aminoácidos libres con una dosis de 80 ml/20 litros de agua la aplicación se realizó a los 23 días después de emergencia y otra posterior a 15 días después de la primera aplicación.

### **Control fitosanitario**

El control de maleas de realizo principalmente de forma manual, y adicionalmente se aplicó Glifosato Takle (Isopropilamina de glifosato) a una dosis de 120 mL/20 L para cubrir toda la superficie del lote experimental. También se aplicó Paracuat el cual posee, amonio cuaternario, bipiridilium, sal dicloruro, y se aplicó a una dosis de 140 mL/20 litros de agua. Para evitar el desarrollo de hongos por exceso de humedad, después de cada lluvia se aplicó de manera foliar el producto Hidroflow, el cual posee un ingrediente activo de hidróxido cúprico. este es un fungicida-bactericida clásico, de acción preventiva, con una dosis de aplicación de 40 mL/20 litros de agua.

### **Mediciones realizadas**

El contenido relativo de clorofila (unidades SPAD) se realizó a los 60 días después de emergencia, con un medidor portátil de clorofila (Konica Minolta Optics, SPAD-502 PLUS, Japan). La cosecha se realizó a los 90 días después de siembra, realizando las siguientes mediciones: Contenido de sólidos solubles totales en frutos (grados brix) (Spectrum Technologies, 2801, USA), diámetro polar y ecuatorial de frutos (Mitutoyo, CD-8"CSX, Japan), espesor de la pulpa, peso de frutos, frutos por planta, y rendimiento.

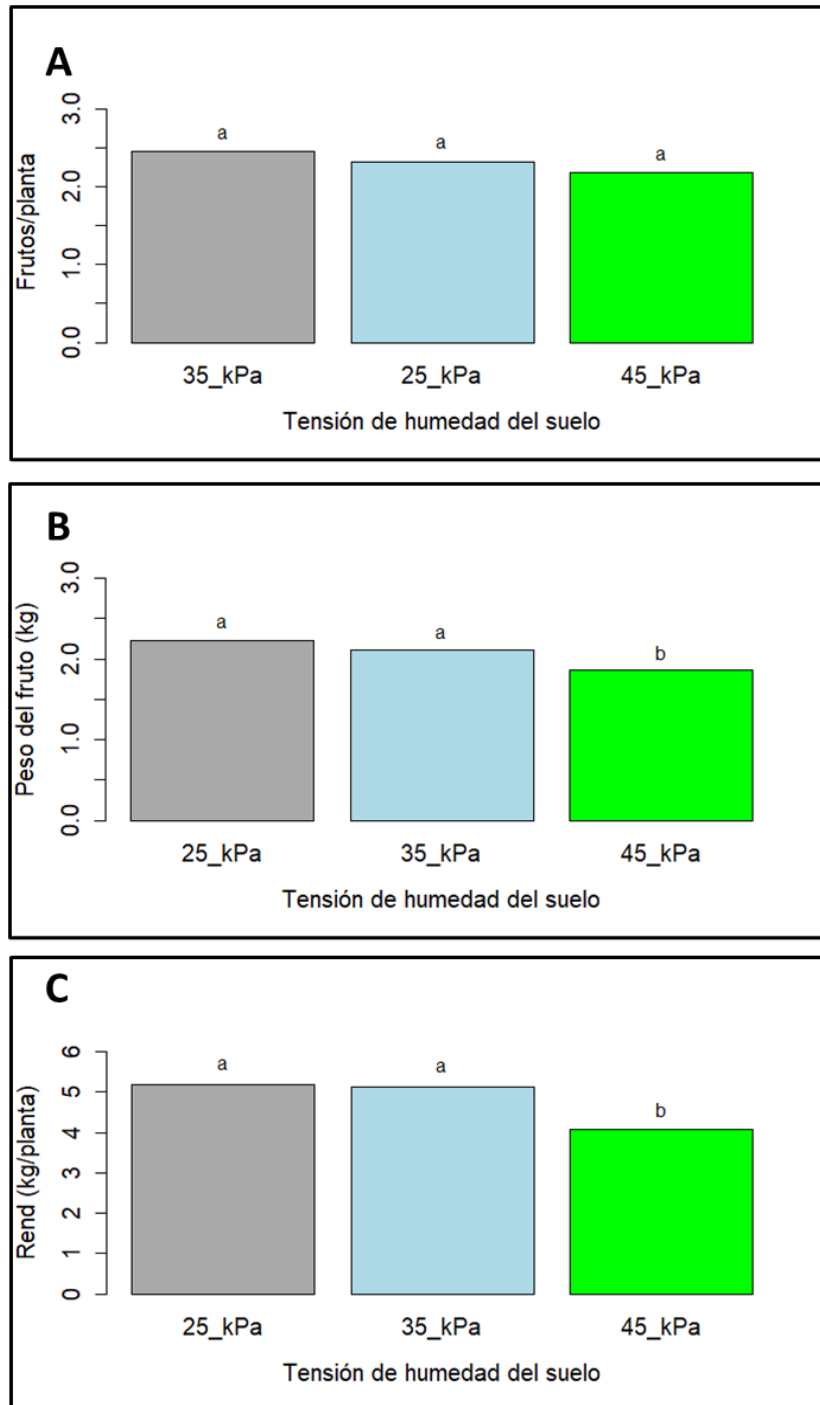
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento del cultivo

El incremento del estrés hídrico a las plantas al aumentar la tensión de la humedad del suelo de 25 kPa a 45 kPa no afectó los frutos por planta (Figura 2A) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Pero si, en el peso de frutos, ya que fueron iguales en las tensiones de 25 kPa y 35 kPa y a su vez, mayores que en la tensión de 45 kPa (Figura 2B) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Este resultado muestra que, el melón híbrido Wester Shipper es más sensible al estrés hídrico en los frutos por planta que en el peso de los frutos. Sin embargo, otros híbridos de melón y otros cultivos pueden tener diferentes respuestas al estrés hídrico. Por ejemplo, el estudio Lim *et al.* (2020) mostró que el melón variedad Piel de sapo es sensible al estrés hídrico ya que para obtener mayor número de frutos y peso se debe regar con el 80% del volumen de agua requerido por el cultivo. Yavuz, (2021) reportó que el estrés hídrico afecta de manera significativa el cultivo de melón variedad Dárdanos F al regarlo con el 30% del volumen de agua requerido por el cultivo. Para el maíz (*Zea mays* L.) en 6 variedades el mayor peso del grano se obtuvo al regar a 20 kPa de tensión de humedad del suelo con respecto a 40 kPa. (Nuñez-Ramírez *et al.* 2020). El estrés hídrico no afectó los frutos por planta, pero si el peso del fruto en el cultivo de chile Huacle negro (*Capsicum annuum* L.) al regar con tensiones de humedad del suelo de 10 kPa a 40 kPa.

El incremento en el estrés hídrico afectó el rendimiento del cultivo, ya que para al regara a 45 kPa de tensión de humedad del suelo, el rendimiento es menor que el observado a 25 kPa y 35 kPa (Figura 2C) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). El rendimiento decrece 27.86 % cuando a la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos aumenta de 25 kPa a 45 kPa (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Otros estudios han reportado resultados que coinciden que el melón y otros cultivos se ven afectados por el estrés hídrico. Por ejemplo, el rendimiento del melón variedad pingo de mel decreció conforme al incremento de la tensión de humedad del suelo de 20 kPa a 60 kPa (Teixeira do Nascimento *et al.*, 2022). El rendimiento de melón variedad Dardanos F1 decrece al regar al 30% de la evapotranspiración requerida por el cultivo (Yavuz, 2021). El incremento de la tensión de humedad de 40 a 50 kPa afectó el rendimiento de fruto de sandía (*Citrullus lanatus*) injertada (García *et al.* 2021). Para el cultivo de tomate variedad Dominador F1 el

rendimiento más alto se obtiene al regar con una tensión de humedad de 20 kPa respecto 45 kPa (Rangel-Rodríguez *et al.* 2020)



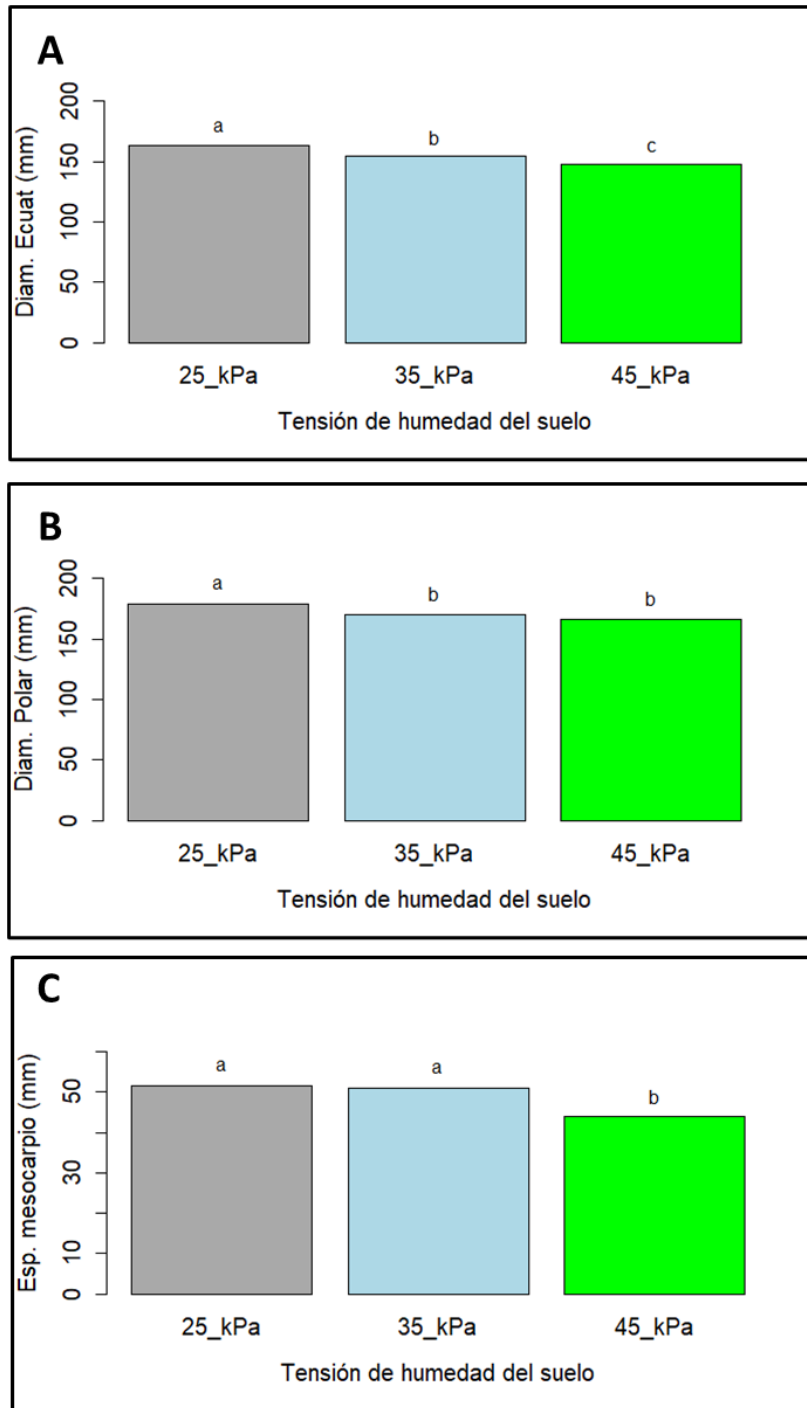
**Figura 2.** Relación entre la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego en los frutos por planta, peso del fruto y el rendimiento de un cultivo de melón (hibrido Western Shipper).

## Calidad de frutos

El diámetro ecuatorial del fruto decreció proporcionalmente con el incremento de la tensión de humedad del suelo de 25 kPa a 35 kPa y de 35 kPa a 45 kPa (Figura 3A) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Este resultado muestra la gran sensibilidad que tiene el diámetro ecuatorial del fruto de este híbrido de melón al incremento del estrés hídrico. El incremento de la tensión de la humedad del suelo de 25 kPa a 45 kPa reduce 10.65 % el diámetro ecuatorial de los frutos.

El diámetro polar del fruto también fue muy sensible al incremento del estrés hídrico, ya que, al aumentar la tensión de humedad del suelo de 25 kPa a 35 kPa, el diámetro polar se reduce 7.10 % (Figura 3A) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). El diámetro polar fue igual en las tensiones de humedad del suelo de 35 kPa y 45 kPa (Figura 3A) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). En estudios de melón y otros cultivos los resultados reportados de diámetro ecuatorial y polar se ven afectados por el grado de disponibilidad de la humedad del suelo. Por ejemplo, en el cultivo de melón variedad Dardanos F1 al regar al 33% de la evapotranspiración (ET) afecta el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, para que los diámetros no se vean afectados es necesario regar al 66% de la ET requerida (Yavuz, 2021). El estrés hídrico que se aplicó a un cultivo de chile variedad Huacle negro no afectó el tamaño de los diámetros con tensiones de humedad de 10 a 30 kPa, pero sí a 40 kPa (Sanjuan-Martínez *et al.*, 2022). En un cultivo de fresa variedad Monterrey (*Fragaria x ananassa*) el estrés hídrico no afectó el diámetro polar y ecuatorial de los frutos (Platas-Galindo, 2022).

El espesor del mesocarpio fue igual en las tensiones de humedad del suelo de 25 kPa y 35 kPa, y decreció en la tensión de 45 kPa (Figura 3C) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Al aumentar la tensión de humedad del suelo de 35 kPa a 45 kPa, el espesor del mesocarpio se reduce 15.95 %. (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). El estudio de Yavuz *et al.* (2021) mostró que un incremento de 33 % del estrés hídrico resulta en una reducción del mesocarpio del melón cv Dárdanos F1. El incremento del estrés hídrico no afectó el espesor del mesocarpio de los frutos (tunas) de las variedades ‘Aïssa’ y ‘Moussa’ of *O. ficus-indica* L. y una sin espina ‘Achefri’ de *O. megacantha* del nopal tunero (*cactus Opuntia spp*) (Arba *et al.*, 2021).

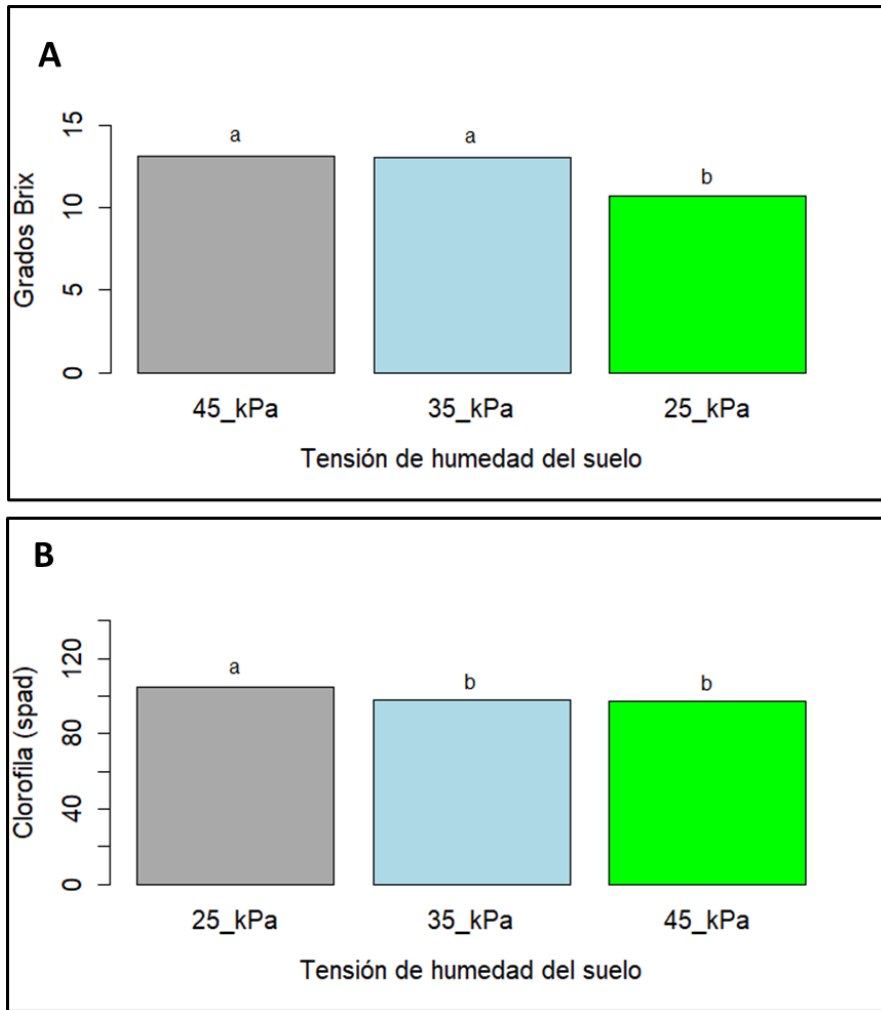


**Figura 3.** Relación entre la tensión de humedad del suelo para la aplicación del riego y el diámetro polar y ecuatorial de los frutos, y el espesor de mesocarpio, de un cultivo de melón (hibrido Western Shipper)

## Contenido de clorofila de las hojas y grados brix

El estrés hídrico tuvo efecto en los grados brix de los frutos del melón (híbrido Western Shipper). Los grados Brix fueron iguales en las tensiones de humedad del suelo de 45 kPa y 35 kPa y a su vez mayores que en la tensión de 25 kPa (Figura 4A) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Al aumentar la tensión de humedad del suelo de 25 kPa a 45 kPa, los grados Brix aumentan 22.48 % (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Este resultado muestra que el estrés hídrico controlado aumenta el contenido de azúcares de los frutos del melón híbrido Western Shipper. Otros estudios en este y otros cultivos han mostrado resultados similares. Por ejemplo, el estudio de Teixeira do Nascimento *et al.* (2022) demostró que el contenido de grados Brix del fruto de melón cv Pingo se incrementa cuando la tensión de humedad del suelo aumenta de 15 a 40 kPa. Así mismo, el estudio de Rivera-Hernández *et al.* (2022) demostró que el porcentaje de grados Brix en los frutos del cultivo de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan) aumenta significativamente a medida que la tensión de humedad del suelo se incrementa a 85 kPa.

El incremento en el estrés hídrico también afectó el contenido de clorofila de las hojas, ya que al aumentar la tensión de 25 a 35 kPa se reduce 7.33 % el contenido de clorofila de las hojas (Figura 4C) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). El contenido de clorofila de las hojas no cambió al aumentar la tensión de humedad del suelo de 35 kPa a 45 kPa (Figura 4C) (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). Otros estudios también han observado que el contenido de clorofila decrece con el aumento del estrés hídrico. El estudio de Yetik (2023) reveló que el contenido de clorofila disminuye a medida que aumenta el estrés hídrico en el cultivo de remolacha azucarera cv Akazia. Similarmente, en un estudio realizado en un cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero, Li *et al.* (2010) observaron una disminución parabólica en el contenido de clorofila a medida que la tensión de humedad del sustrato aumentaba de 1 kPa a 13 kPa.



**Figura 4.** Relación entre la tensión de humedad del suelo para la aplicación de los riegos y los grados Brix de los frutos y el contenido de clorofila de las hojas.



## CONCLUSIONES

El estrés hídrico ocasionado al aplicar el riego a 25 kPa, 35 kPa y 45 kPa de tensión de la humedad del suelo no afectaron el número de frutos por planta. Sin embargo, el peso del fruto, rendimiento diámetro polar y ecuatorial del fruto y el espesor del mesocarpio decrecen al aplicar los riegos a 45 kPa de tensión de humedad del suelo, indicando una clara sensibilidad del melón híbrido Western Shipper al estrés hídrico. La cantidad de azúcares en el fruto ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) se incrementa al regar a 35 kPa o 45 kPa de tensión de humedad del suelo, y la cantidad de clorofila en las hojas decrece cuando se aplican los riegos a 35 kPa o 45 kPa de tensión de humedad del suelo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aragón Abraham Gerardo 2018. Evaluación del estrés hídrico en la productividad, producción y calidad del melón injertado. Sitio web. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/45652>
- Arba, M., Falisse, A., Choukr-allah, R., & Sindic, M. 2021. Impacto del riego durante la floración y el crecimiento del fruto sobre el rendimiento y la calidad del fruto *Opuntia* spp. *Acta agriculturae Slovenica*, , 117(2):1-12. doi: 10.14720/AAS.2021.117.2.18
- Awad-Allah, E. 2020. Indispensable Measuring Techniques for Water Relations of Plants and Soils: A Review. *Open Journal of Soil Science*, **10**, 616-630. doi: 10.4236/ojss.2020.1012030.
- Badriyah, B., & Achmad, A., 2022. Pewarisan Karakter Kuantitatif Persilangan Tanaman Melon. *Rekayasa*. 15. 233-240. 10.21107/rekayasa.v15i2.15107.
- Buczowska, H.; Sałata, A.; & Nurzyńska-Wierdak, R. 2023. Melon (*Cucumis melo* L.) Fruit Yield under Irrigation and Mycorrhiza Conditions. *Agronomy*, 13, pp. 1559. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061559>
- Carvalho JA, Rezende FC, Aquino RF, Freitas WA. de, Oliveira E C (2011) Análise produtiva e econômica do pimentão vermelho irrigado com diferentes lâminas, cultivado em ambiente protegido. *Rev Bras Eng Agr Amb*. Campina Grande, PB. 15(6):569-574.
- Cavalcante, E.S.; Lacerda, C.F.; Mesquita, R.O.; de Melo, A.S.; da Silva Ferreira, J.F.; dos Santos Teixeira, A.; Lima, S.C.R.V.; da Silva Sales, J.R.; de Souza Silva, J.; Gheyi, H.R. 2021. Irrigation Management Strategies with Brackish Water in Production and Post-harvest Quality of “Toad Skin” Melon. *Water Air and Soil Pollution*, 232(6):1-9. doi: 10.1007/S11270-021-05189-X

- Chen, M., Mokdad, L., & Othman, J.B. 2023. "MELONS - A Modular and Extendable Simulator for LoRaWAN Network," 2023 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC), Marrakesh, Morocco, 2023, pp. 923-928, doi: 10.1109/IWCMC58020.2023.10183205.
- Chikh-Rouhou, H., Abdedayem, W., Solmaz, I., Sari, N., & Garcés-Claver, A. 2021. Melon (*Cucumis melo* L.): Melon (*Cucumis melo* L.): Genomics and Breeding. pp. 25-52. doi: 10.1007/978-981-19-5367-5\_2
- Chikh-Rouhou, H., Abdedayem, W., Solmaz, I., Sari, N., & Garcés-Claver, A. 2023. Melon (*Cucumis melo* L.): Genomics and Breeding. In: Singh, S., Sharma, D., Sharma, S.K., Singh, R. (eds) Smart Plant Breeding for Vegetable Crops in Post-genomics Era. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-5367-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-19-5367-5_2)
- Coronel, W.S. 2018. Respuesta del cultivo de arroz, cv ir 71706 al estrés hídrico bajo riego por goteo en la UNALM.
- Dichuan, L., Zhuan, W., Guolong, Z., Renlian, Z., Ray, B., Patrick, J.D., Huaiyu, L., & Huaiyu, L. 2022. Stable soil moisture altered the rhizosphere microbial community structure via affecting their host plant. doi: 10.21203/rs.3.rs-1966150/v1
- Fang, S., Duan, Y., Nie, L., Zhao, W., Wang, J., Zhao, J., Zhao, L., & Wang, L. 2022. Distinct metabolic profiling is correlated with bisexual flowers formation resulting from exogenous ethephon induction in melon (*Cucumis melo* L.) PeerJ, 10:e13088 <https://doi.org/10.7717/peerj.13088>
- FAO, 2022. Organización de las naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación. Base de datos estadísticos. Disponible en: <http://faostat.fao.org>
- FAOSTAT. 2022. Cultivos y productos de ganadería. Fao.org. Recuperado el 8 de junio de 2024, de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

Flores-León, A.; Pérez Moro, C.; Martí, R.; Beltran, J.; Roselló, S.; Cebolla-Cornejo, J.; Picó, B. 2022. Spanish Melon Landraces: Revealing Useful Diversity by Genomic, Morphological, and Metabolomic Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(13):7162-7162. doi: 10.3390/ijms23137162

Gao, J., Gao, M., Wang, L., Sun, Y-C., Xing, X., Wang, J., Zhang, X., & Sun, J. 2023. *Fusarium pernambucanum* Causing Leaf Yellow Spot on Melon (*Cucumis melo* L.), a New Disease in China. *Plant Disease*, doi: 10.1094/PDIS-03-23-0521-PDN

Guimarães, B.R., Araujo, A.R.R., Galvão, J.R., Pacheco, M.J.B., Silva, S.B., Assis, L.F.C.T., Azevedo, J.C., Moraes, K.C. (2020). Melão (*Cucumis melo* L.): interrelações entre adubação, nutrição mineral e produção. *Rev IberoAmericana de Ciênc Amb.* 11(1): 391 399.

HM Clause (2023). Western Shipper. Consultado en: <https://ampa.hmclausefielddays.com/products/melon/western-shipper/expedition>

Hong, Y.K., Park, S., Yun, S.W., Kwon, J.H., Lee, S.Y., Lee, S., Moon, J., Jang, J., & Hwang, J.S. 2023. Photosynthesis by Leaf Age and Fruit Characteristics by Fruiting Nodes in Vertical and Hydroponic Cultivation of Oriental Melon Applied with Air Duct for High-temperature Season. *Revista de Control Bio-Ambiental*. doi: 10.12791/ksbec.2023.32.2.089

Huh, Y.S., Kim, E., Noh, S., Jeon, Y., Park, S., Yun, G., Kim, T., & Kim, Y. 2020. Characteristics of Growth, Yield, and Physiological Responses of Small-Sized Watermelons to Different Soil Moisture Contents Affected by Irrigation Starting Point in a Plastic Greenhouse. 29(4):388-398. doi: 10.12791/KSBEC.2020.29.4.388

INIFAP 2022. Consultado en <http://www.inifapcirne.gob.mx/cesaltillo.php>

- Jouhaud, C. 2022. Al pie del acantilado. *Prismas - Revista De Historia Intelectual*, 26(2), 235–240. <https://doi.org/10.48160/18520499prismas26.1314>
- Jung, J., Park, G., Oh, J., Jung, J.K., Shim, E.J., Chung, S.M., & Park, Y.H. 2020. Assessment of the current infraspecific classification scheme in melon (*Cucumis melo* L.) based on genome-wide single nucleotide polymorphisms. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 61, pp. 537–547. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00230-0>
- Kizatova, M. Y., Baikenov, A. O., Baigenzhinov, K. A., Yessimova, Z. A., & Zhusipov, A. G. 2022. The mathematical model of drying melon pulp by the convective method. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 16, pp. 721–732. <https://doi.org/10.5219/1788>
- Li S, Xue XZ, Guo WS, Li X, & Chen F. 2010. Effects of water supply tension on photosynthetic characteristics and root activity of greenhouse cucumber. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. Jan;21(1):67-73. Chinese. PMID: 20387425.
- Li, J., Fan, M., Zhang, Q., Lü, G., Wu, X., Gong, B., Wang, Y., Zhang, Y., & Gao, H. 2023. Transcriptome analysis reveals that auxin promotes strigolactone-induced adventitious root growth in the hypocotyl of melon seedlings. *Front. Plant Sci.* 14:1192340. doi: 10.3389/fpls.2023.1192340
- Li, L., Li, Q., Chen, B., Wang, J., Ding, F., Wang, P., Zhang, X., Hou, J., Luo, R., Li, X., Zheng, J., Yang, S., Yang, L., Zhu, L., Sun, S., Ma, C., Li, Q., Li, Y., & Hu, J. 2023. Identification of candidate genes that regulate the trade-off between seedling cold tolerance and fruit quality in melon (*Cucumis melo* L.). *Horticulture research*, 10 doi: 10.1093/hr/uhad093
- Lima, D. S. R.; Simoes, W. L.; Silva, J. A. B. Da; Amorim, M. Do N.; Salviano, A. M.; Costa, N. D. 2020. ‘Pele de sapo’ melon grown under different irrigation depths

and bioestimulant rates in the Semiarid region of Brazil. 11 doi: 10.14295/CS.V11I1.3303

Loera-Hernández, I.D., & Espinosa-Garza, G. 2019. Dehydration and Sieving to 150 Microns Process of Melon Seed. *Defect and Diffusion Forum*, vol. 394: pp. 39-46. doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/DDF.394.39

Lv, J., Fu, Q., Lai, Y., Zhou, M., & Wang, H. 2018. Inheritance and gene mapping of spotted to non-spotted trait gene CmSp-1 in melon (*Cucumis melo* L. var. chinensis Pangalo). *Molecular Breeding*, 38(8):1-9. doi: 10.1007/S11032-018-0860-8

Malik, A., & Arif, C. 2023. OPTIMASI PEMBERIAN AIR IRIGASI TANAMAN MELON (*Cucumis Melo* L.) PADA SISTEM POCKET FERTIGATION DENGAN ALGORITMA GENETIKA. *JURNAL SUMBER DAYA AIR*, 19(1):57-67. doi: 10.32679/jsda.v19i1.825

Marouelli, W.A., Oliveira, Á.S., Coelho, E.F., Nogueira, L.C., Sousa, V.F. (2011). Manejo da água de irrigação. 157-232.

Marouelli, W.A., Oliveira, Á.S., Coelho, E.F., Nogueira, L.C., Sousa, V.F. (2011). Manejo da água de irrigação. 157-232.

Mina, H.A., & Deering, A.J. 2022. Cantaloupe -A Food safety concern: Mini-Review. *International journal of agricultural science and food technology*, 8(3):244-247. doi: 10.17352/2455-815x.000172

Mukherjee, S., Dash, P.K., Das, S. 2023. Growth, Yield and Water Productivity of Tomato as Influenced by Deficit Irrigation Water Management. *Environmental Processes*, doi: 10.1007/s40710-023-00624-z

- Nashiki, A., Matsuo, H., Takano, K., Fitriyah, F., Isobe, S.S., Shirasawa, K., & Yoshioka, Y. 2022. Identification of novel sex determination loci in Japanese weedy melon. *Theoretical and Applied Genetics*, 136(6) doi: 10.1007/s00122-023-04381-3
- Nguyen, M.L., Huyen, T.N, Trinh, D.M., Voronina, A.V. 2022. Association of bud and anther morphology with developmental stages of the male gametophyte of melon (*Cucumis melo* L.). 26(2):146-152. doi: 10.18699/vjgb-22-18
- Núñez-Ramírez, F., Escobosa-García, I., Cárdenas-Salazar, V., Santillano-Cázares, J., Ruelas-Islas, J. del R., Preciado-Rangel, P., & Díaz-Ramírez, J. 2020. Soil moisture tension, growth, water use efficiency, and yield of maize grown in northwest Mexico. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 38(4), 805–815. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.763>
- Olguín, M.A., Fuente, M.C., Mendoza, A.B., Maldonado, A.J., Rangel, A.S., & Cusimamani, E.F. 2020. Commercial and nutraceutical quality of grafted melon cultivated under hydric stress. *Horticultural Science*, 47(3): pp.139-149. doi: 10.17221/139/2019-HORTSCI
- Oliveira, E.C., Carvalho, J.A., Silva, W.D., Rezende, F.C., Gomes, L.A.A., Jesus, M.N. (2011). Análise produtiva e econômica do pepino japonês submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Rev Bras Eng Agr Amb*. 15(7):702-708.
- Oren, E., Dafna, A., Tzuri, G., Halperin, I., Isaacson, T., Elkabetz, M., Meir, A., Saar, U., Ohali, S., La, T., Romay, C., Tadmor, Y., Schaffer, A.A., Buckler, E.S., Cohen, R., Burger, J., & Gur, A. 2022. Melon pan-genome and multi-parental framework for high-resolution trait dissection. *bioRxiv*, doi: 10.1101/2022.08.09.503186
- Pereira FAL, Medeiros JF, Gheyi HR, Dias NS, Preston W, Vasconcelos CBL (2017) Tolerance of melon cultivars to irrigation water salinity. *Rev Bras Eng Agr Amb*. 21(12): 846-851.

Pereira WB de, Possidio CEF de, Sousa JSC de, Simões WL, Santos CMG (2021) Produção e Qualidade de Melões Sob Diferentes Arranjos do Sistema de Irrigação e Coberturas do Solo. Rev Bras Meteorol. 36(2): 285.

Platas Galindo, E. 2022. Índice de estrés hídrico como un indicador del momento de riego en fresa (*Fragaria x ananassa*). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla <https://hdl.handle.net/20.500.12371/18655>

Rangel-Rodrigues, R.; Cola-Pizetta, S.; Euclides-Pechara Da Costa Jaeggi, M.; Sales-Rocha, R.; Guarnier-Da Silva, R. De K.; Pureza-Da Cruz, D.; Martins -Pereira, I.; Nogueira-Batista, J.; Gonçalves-Da Rocha, J.; Do Carmo-Parajara, M.; Cremonini-Entringer, G.; De Amaral-Gravina, G.; Figueiredo-Daher, R.; Gomes-De Souza, A.; De Castro-Monteiro, E.; De Freitas-Mateus, V.; & De Araújo-Capetini, 2020. S. Tomato cultivation in a protected environment under different soil water tensions. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e2289119777, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9777.

Renner, S.S., Pérez-Escobar, Ó.A., Silber, M.V., Nesbitt, M., Preick, M., Hofreiter, M., & Chomicki, G. 2019. A 3500-year-old leaf from a Pharaonic tomb reveals that New Kingdom Egyptians were cultivating domesticated watermelon. bioRxiv, 642785- . doi: 10.1101/642785

Rivera-Hernández, B. 2021. Efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre la productividad de *citrus latifolia tan.* en una plantación de alta densidad de siembra. Disponible en. [https://conkal.tecnm.mx/images/POSGRADO\\_NEW/GEN\\_2021\\_DATS/Benigno%20Rivera%20Hern%C3%A1ndez.pdf](https://conkal.tecnm.mx/images/POSGRADO_NEW/GEN_2021_DATS/Benigno%20Rivera%20Hern%C3%A1ndez.pdf)



Rivera-Hernández, B.; González-Jiménez, V.; Carrillo-Ávila, E.; Garruña-Hernández, R.; Andrade, J.L.; Quej-Chi, V.H.; & Arreola-Enríquez, J. 2022. Rendimiento, fisiología, calidad de la fruta y huella hídrica en lima persa (*Citrus latifolia* Tan.) en respuesta a la tensión de humedad del suelo en dos estados fenológicos en Campeche, México. 14, 1011. <https://doi.org/10.3390/w14071011>

Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y. D., Aquino-Bolaños, T., Cruz-Izquierdo, S., & Pérez-Pacheco, R. 2023. Respuesta del chile Huacle (*Capsicum annuum* L.) al estrés hídrico bajo invernadero. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 19(4), 421–435. <https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1382>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2022. Los 5 básicos para el cultivo de melón, de SADER Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-5-basicos-para-el-cultivo-del-melon?idiom=es>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2024, S. El Oro Verde de México: Melón, Sabor y Refrescante Tradición. Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-oro-verde-de-mexico-melon-sabor-y-refrescante-tradicion?idiom=es>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. 2024. Melón mexicano, un fruto con creciente demanda y producción nacional: *Agricultura*. Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/melon-mexicano-un-fruto-con-creciente-demanda-y-produccion-nacional-agricultura>

Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. 2023. Panorama-Agroalimentario-2023. Google Docs. Sitio web: [https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgJw\\_uOse\\_MsOF9jZQDAm\\_FOD9/view](https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgJw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view)

- Tarantino, A., Capotosto, A., Bottaro, F., Bellio, M., & Gallipoli, D. 2022. Tensiocone: A cone penetrometer with the facility to measure negative pore-water pressure. pp. 248-253. doi: 10.1201/9781003329091-31
- Teixeira do Nascimento, J. Medeiros, M. do B. Lacerda- Madeiros, C. Alvez de lima-Junior, J. Aguiar Santos, H.C. & Daniel de olivera, P. 2022. Effect of different soil water tensions and potassium fertilization on the production and quality of netted melon (*cucumis melo* l.) in the Amazon area. *Australian Journal of Crop Science*. 441-447. 10.21475/ajcs.22.16.04.p31-37.
- Wang, X., Ando, K., Wu, S., Reddy, Tamang, P., Bao, K., Hammar, S.A., Grumet, R., McCreight, J.D., & Fei, Z. 2021. Genetic characterization of melon accessions in the U.S. National Plant Germplasm System and construction of a melon core collection. 1(1): pp.1-13. doi: 10.1186/S43897-021-00014-9
- Yang, S., Zhang, K., Zhu, H., Zhang, X., Yan, W., Xu, N., Liu, D., Hu, J., Wu, Y., Wwng, Y., Yang, L. 2020. Melon short internode (*CmSi*) encodes an *ERECTA*-like receptor kinase regulating stem elongation through auxin signaling. *Horticulture research*, 7(1):1-14. doi: 10.1038/S41438-020-00426-6
- Yavuz, N. 2021. Can grafting affect yield and water use efficiency of melon under different irrigation depths in a semi-arid zone?. *Arab J Geosci* 14, 1118. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07498-1>
- Yetik, A.K., & Candoğan, B.N. 2022. Chlorophyll Response to Water Stress and the Potential of Using Crop Water Stress Index in Sugar Beet Farming. *Sugar Tech*, 25, 57 - 68.
- Zhang, J., Yang, J., Lv, Y., Zhang, X., Xia, C., Zhao, H., & Wen, C. 2023. Genetic diversity analysis and variety identification using SSR and SNP markers in melon. *BMC Plant Biology*, 23(1) doi: 10.1186/s12870-023-04056-7

Zhao, H.; Zhang, T.; Meng, X.; Song, J.; Zhang, C.; & Gao, P. 2023. Genetic Mapping and QTL Analysis of Fruit Traits in Melon (*Cucumis melo* L.). *Curr. Issues Mol. Biol.* 2023, 45, pp. 3419-3433. <https://doi.org/10.3390/cimb45040224>

Zhao, Q., Meng, Y., Wang, P., Qin, X., Cheng, C., Zhou, J., Yu, X., Li, J., Lou, Q., Jahn, M., & Chen, J. 2021. Reconstruction of ancestral karyotype illuminates chromosome evolution in the genus *Cucumis*. *Plant Journal*, 107(4): pp. 1243-1259. doi: 10.1111/TPJ.15381