

The Effect of Deficit Irrigation and Mulching on The Growth, Yield and Fruit Quality of Watermelon

N. Bahremand¹, H. Aroiee^{1*} and A. Aien²

(Received: 12 August 2023; Accepted: 17 December 2023)

Abstract

This study with the aim of determining the effect of deficit irrigation and mulching on watermelon was conducted with a preliminary experiment in the form of split plots and a design of complete randomized blocks with three replications, in the Research and Education Center of Agriculture and Natural Resources in the south of Kerman province (Jiroft), in 2021–2022. Drip irrigation as the main plot at three levels of 100, 70 and 50% of water requirement and mulching in three levels of crushed date palm leaf, black plastic and no mulch, as the sub-plot, were considered. As results demonstrate, the main and interaction effects of the treatments on stem length, leaf area, yield, water productivity, leaf relative water content, photosynthetic pigments, proline, total phenol, leaf superoxide dismutase enzyme and fruit length and width were significant. The main effects of irrigation and mulching on internode length, membrane stability index and vitamin C, and the main effect of the irrigation on the percentage of fruit dry matter, stem branches, and the main effect of mulching on fruit shape and soluble solids were significant. Fruit pH and total acidity, tasting and lycopene were not significantly affected by the treatments. The highest yield (60.1 ton/ha) was observed in the full irrigation and plastic mulch, and the highest water productivity (15.1 kg/m³) was recorded in the 70% irrigation and plastic mulch, but no significant difference with full irrigation and plastic and date palm leaves mulches. The findings showed that the effectiveness of plastic mulch on the watermelon growth and yield was higher with 100% and 70% irrigation compared to 50% irrigation. The date palm leaf mulch, despite being superior to the control in the full irrigation, had insignificant positive effects in deficit irrigation levels due to its high sodium content (1800 mg/kg).

Keywords: Date palm leaf, Evapotranspiration, Irrigation, Water productivity.

Background and Objective: Deficit irrigation has been mentioned as one of the effective techniques for increasing the water productivity of plants. Deficit irrigation of 50% caused a decrease in yield and water productivity of watermelon in Valencia region of Spain (Abdelkhalik et al., 2019). The role of mulching in compensating the negative effects of deficit irrigation has been confirmed in the literature (Diaz-Perez, 2023). This research aims at investigating the effects of deficit irrigation and mulching on the growth, yield and fruit quality of watermelon and the possibility of replacing plastic mulch with date palm leaf mulch.

1- Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

2- Research Department of Agricultural and Horticultural Sciences, Research and Education Center of Agriculture and Natural Resources in The South of Kerman Province, Jiroft, Iran.

* Corresponding author, Email: aroiee@um.ac.ir

Methods: Irrigation as the main plot at three levels of 100, 70 and 50% of water requirement and mulching at three levels of crushed date palm leaf, black plastic and no mulch, as the sub-plot, were considered. *Crimson B 34* watermelon seeds produced by *Seminis* company, were planted on January 2021, in plots with the size of 13.5×7 m, on furrows and ridges planting system (the width of furrows and ridges were 0.5 and 4 meters, respectively). After planting, bow-shaped wires were put on the planting rows and a transparent plastic was placed as a tunnel on them.

Results: Analysis of variance of the plant growth, yield, water productivity, and some physiological and biological traits displayed that the main and interaction effects of treatments were significant. Some traits such as pH, titratable acidity, fruit taste and shape were not affected by the treatments. The main and interaction effects of the treatments on stem length, leaf area, yield, water productivity, leaf relative water content, photosynthetic pigments, proline, total phenol, leaf superoxide dismutase enzyme and fruit length and width were significant. The main effects of irrigation and mulching on internode length, membrane stability index and vitamin C, and the main effect of the irrigation on the percentage of fruit dry matter, stem branches, and the main effect of mulching on fruit shape and soluble solids were significant. Fruit pH and total acidity, tasting and lycopene were not significantly affected by the treatments. The highest yield (60.1 ton/ha) was observed in the full irrigation and plastic mulch, and the highest water productivity (15.1 kg/m^3) was recorded in the 70% irrigation and plastic mulch, but no significant difference with full irrigation and plastic and date palm leaves mulches was obtained. Reducing the irrigation water from 100 to 70 and to 50% of crop evapotranspiration or ET_c (estimated by the FAO-Penman-Monteith method) in all three types of the mulch led to a significant decreasing in yield (Y), which was caused by the occurrence of water stress. The first reduction in water use (i.e., from 100 to 70%) increased the water productivity (WP) even though not significantly, but the second reduction in water use (i.e., from 70 to 50%) significantly led to a decrease in WP.

Conclusions: Overall, the $100\%ET_c$ treatment with black plastic mulch will probably have the best result in terms of watermelon yield unless water shortage, water price, and irrigation cost are noticeable compared to the crop price. In this case, $70\%ET_c$ irrigation with black plastic will be a priority in terms of WP. Of course, the cost of mulching and its possible environmental consequences should be considered.

References:

1. Abdelkhalik, A., Pascual-Seva, N., Najera, I., Giner, A., Baixauli, C., Pascual, B., 2019. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. *Agric. Water Manage.* 212, 99–110.
2. Diaz-Perez, J.C., 2023. Plant growth and fruit yield of watermelon as influenced by colored plastic film mulch. *Int. J. Veg. Sci.* 29(1), 84–92.

اثر کم آبیاری و خاک پوش بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه گیاه هندوانه

نادیا بهره مند^۱، حسین آرویی^{۱*} و احمد آئین^۲

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۲۶)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر کم آبیاری و خاک پوش بر گیاه هندوانه با آزمایش مقدماتی به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار، در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، در سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱ انجام شد. کرت اصلی، آبیاری قطره ای با سه سطح ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی و کرت فرعی، خاک پوش با سه سطح برگ خرد شده خرما، پلاستیک سیاه و بدون خاک پوش (شاهد) در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج، آثار ساده و برهم کنش تیمارها بر طول ساقه، سطح برگ، عملکرد، بهره وری آب، محتوای آب نسبی، رنگیزه های فتوسنتزی، پرولین، فنول کل، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برگ و طول و عرض میوه و آثار ساده آبیاری و خاک پوش بر طول میان گره، پایداری غشاء و ویتامین ث، اثر ساده آبیاری بر درصد ماده خشک میوه، انشعابات ساقه و اثر ساده خاک پوش بر شکل میوه و مواد جامد محلول معنی دار شد. مقادیر pH و اسید کل، مزه و لیکوپن میوه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. بیشترین عملکرد (۶۰/۱ ton/ha) با آبیاری کامل و خاک پوش پلاستیک، و بیشترین بهره وری آب (۱۵/۱ kg/m³) با آبیاری ۷۰ درصد و خاک پوش پلاستیک، بدون تفاوت معنی دار با آبیاری کامل و خاک پوش های پلاستیک و برگ خرما حاصل شد. یافته ها نشان داد اثربخشی خاک پوش پلاستیک با آبیاری کامل و ۷۰ درصد در مقایسه با آبیاری ۵۰ درصد بر رشد و عملکرد بیش تر بود. خاک پوش برگ خرما با وجود برتری نسبت به شاهد در آبیاری کامل، به علت داشتن غلظت زیاد سدیم (۱۸۰۰ mg/kg) در سطوح کم آبیاری آثار مثبت ناچیزی داشت.

واژه های کلیدی: آبیاری، برگ خرما، بهره وری آب، تبخیر و تعرق.

مقدمه

برگ، رنگیزه های فتوسنتز، افزایش گونه های واکنش گر اکسیژن و تجمع ترکیبات ضد اکسایش آنزیمی و غیر آنزیمی رشد، عملکرد و کیفیت محصول را تغییر دهد، از این رو دانش کاملی از پاسخ گیاه به این شیوه مدیریت آبیاری نیازمند است

کم آبیاری به عنوان یکی از رویکردهای کشاورزی پایدار در سال های اخیر برای افزایش بهره وری آب معرفی شده است. اما چون قادر است با تغییرات اساسی در محتوای آب گیاه، سطح

۱- گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aroiee@um.ac.ir

ارزان و قابل دسترس افزایش یافته که با کاربرد آن‌ها ضایعات گیاهان نیز به‌طور غیرمستقیم مدیریت خواهد شد (Sharma et al., 2023).

ضایعات خرما در ایران متعلق به نخلستان‌هایی با سطح زیرکشت بیش از ۲۰۰ هزار هکتار بوده و با فرض حدود ۱۵۰ اصله نخل در هر هکتار و این‌که سالیانه ۲۰ عدد برگ خرما با میانگین وزن ۲-۳ کیلوگرم از هر درخت هرس شود، حجم بسیار عظیمی از ضایعات تولید می‌شود که شاید استفاده از آن‌ها به‌عنوان خاک‌پوش مفید واقع شود. گزارش شده است که عدم مدیریت ضایعات خرما علاوه بر گسترش آفات و بیماری‌ها و اشغال فضای زیاد، آلودگی زیست‌محیطی به دنبال دارد (Hechmi et al., 2023). با توجه به مطالب فوق‌الذکر، این پژوهش با هدف بررسی اثر کم‌آبیاری و خاک‌پوش بر رشد، عملکرد و کیفیت میوه هندوانه و بررسی امکان جایگزینی خاک‌پوش پلاستیک سیاه با برگ خرما انجام شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی مکان و تیمارهای آزمایش: این پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان در منطقه علی‌آباد جیرفت (عرض ۲۸°/۳۶' شمالی، ۵۷°/۴۸' شرقی و ارتفاع ۶۲۴ متر از سطح دریا)، در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. بر اساس میانگین ۳۰ ساله متغیرهای هواشناسی (دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۴۷ درصد، بارندگی سالیانه کم‌تر از ۱۶۰ میلی‌متر، دوره یخبندان ۱۵-۴ روزه، مدت تابش ۳۱۷۶/۳ ساعت و تبخیر تجمعی بیش از ۲۰۰۰ میلی‌متر)، این منطقه دارای اقلیمی گرم و نیمه‌خشک است (Papadakis, 1966). آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، کرت اصلی آبیاری با سه سطح ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (تبخیر و تعرق) و کرت فرعی خاک‌پوش با سه سطح برگ خردشده خرما، پلاستیک سیاه و بدون خاک‌پوش در نظر گرفته شد. سامانه آبیاری و اعمال تیمارها: آبیاری قطره‌ای شامل لوله

(Costa et al., 2007). از طرفی چگونگی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد یا بهره‌وری آب محصول به عوامل متعددی مانند نوع گیاه، رقم، شرایط اقلیمی، ویژگی‌های خاک، شدت و نوع کم‌آبیاری و شیوه‌های مدیریت آب و کود بستگی دارد (Wang et al., 2023). در گیاه هندوانه (*Citrullus lanatus*)، یافته‌های پژوهش‌های انجام‌شده در منطقه والنسیا اسپانیا با سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی نشان داد، آبیاری ۵۰ درصد سبب کاهش شدید رشد، عملکرد، کیفیت میوه و بهره‌وری آب گیاه شد، اما بهره‌وری آب با آبیاری ۷۵ درصد قابل قبول بود (Abdelkhalik et al., 2019). در پژوهش دیگری در منطقه چکورو ترکیه، عملکرد و کیفیت میوه هندوانه تحت تأثیر آبیاری با سطوح ۷۰ و ۵۰ درصد قرار نگرفت (Ozmen et al., 2015). در جبران آثار منفی کم‌آبیاری، نقش خاک‌پوش‌ها (آلی و غیرآلی) با ثبات یا افزایش عملکرد و افزایش بهره‌وری آب به‌ویژه در گیاهان نسبتاً حساس به خشکی که کاهش عملکرد زیادی به‌موازات صرفه‌جویی در مصرف آب دارند، تأیید شده است (Diaz-Perez, 2023; Sharma et al., 2023). افزایش بهره‌وری آب و عناصر غذایی با کاهش دفعات آبیاری و شستشوی عناصر خاک توسط بارندگی، کاهش فرسایش، تبخیر از خاک، بهبود ویژگی‌های فیزیکی (پایداری خاکدانه‌ها)، شیمیایی (pH، نسبت کربن به نیتروژن) و زیستی (ریزجانداران، آنزیم‌ها) خاک و تعدیل دما توسط خاک‌پوش اثبات و گزارش شده است (Diaz-Perez, 2023). بررسی کم‌آبیاری و سه نوع خاک‌پوش کود حیوانی، کلش برنج و پلاستیک سفید در کدو خورشتی نشان داد، ترکیب کم‌آبیاری ۸۵ درصد و خاک‌پوش کود حیوانی بیش‌ترین رشد، عملکرد و بهره‌وری آب را دارد (Abd El-Mageed et al., 2016). از طرفی نگرانی پیرامون آلودگی‌های زیست‌محیطی توسط میکروپلاستیک‌ها و ماکروپلاستیک‌ها و آبخش‌های فتالات اسید رهاشده از خاک‌پوش‌های پلاستیکی (Wu et al., 2022; Yang et al., 2022) و ورود آن‌ها به آب و خاک وجود دارد. بنابراین توجه به خاک‌پوش‌های آلی به‌عنوان منابع دوست‌دار محیط زیست،

عمق آب آبیاری در تیمارهای ۷۰ و ۵۰ درصد کم‌آبیاری به‌ترتیب برابر ۰/۷ و ۰/۵ آبیاری کامل در نظر گرفته شد. برای اطمینان از تحویل آب محاسبه‌شده، کنترل نصب شد. برای تعیین زمان آبیاری در فاصله دو آبیاری در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی پس از آبیاری، در فواصل زمانی مشخص، از عمق مؤثر ریشه نمونه‌برداری و درصد رطوبت آن تعیین گردید. زمانی‌که تفاوت این رطوبت با رطوبت آستانه‌ای که با رابطه (۴) به‌دست آمد در دامنه نوسان ۵٪ آستانه‌ای شد، آبیاری صورت گرفت:

$$\theta_{MAD} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{pwp}) \times MAD \quad (4)$$

در این رابطه، θ_{MAD} رطوبت آستانه‌ای، θ_{FC} و θ_{pwp} به‌ترتیب رطوبت حجمی خاک در نقاط گنجایش مزرعه‌ای و پژمردگی دائم (مترمکعب بر میلی‌متر) و MAD بیشینه تخلیه مجاز رطوبت بود. بهره‌وری آب (WP) با رابطه (۵) از تقسیم عملکرد گیاه بر مجموع آب مصرف‌شده (آبیاری و بارندگی مؤثر) محاسبه شد:

$$WP = \frac{Y}{I + P_e} \quad (5)$$

در این رابطه، Y عملکرد گیاه بر حسب کیلوگرم در هکتار، $I + P_e$ مجموع آب مصرف‌شده (I عمق آبیاری و P_e بارندگی مؤثر) بر حسب متر مکعب بود. بارندگی مؤثر مکان آزمایش با نرم‌افزار CropWat و با روش USDA S.C. مشخص شد (Ayele et al., 2023). عمق کل آب تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و سطوح کم‌آبیاری (۷۰ و ۵۰ درصد) به‌ترتیب برابر ۴۲۷/۱، ۳۰۳/۹ و ۲۲۳/۵ میلی‌متر در طول دوره رشد گیاه به‌دست آمد.

خاک‌پوش پلاستیک سیاه (ضخامت ۱۰۰ میکرون) پیش از کاشت روی ردیف‌ها کشیده شد و دوایری با قطر ۴ سانتی‌متر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم (جای بذر) روی آن ایجاد شده و کناره‌های آن زیر خاک قرار گرفت. خاک‌پوش برگ خرما رقم مضافتی با ماشین خورده‌کن سرشاخه به قطعات ۱۰-۸ سانتی‌متری تبدیل شده و روی ردیف‌ها به میزان ۰/۸ کیلوگرم در مترمربع توزیع گردید. هر دو نوع خاک‌پوش داخل جوی تا لبه پشته را پوشش می‌داد. کنترل علف هرز پیش و پس از کشت، در تمام تیمارها یکسان بود. پیش از کشت از نقاط مختلف مزرعه تا عمق

اصلی با قطر ۶۳ میلی‌متر که برای ثبات دما و کاهش آثار مخرب آفتاب زیر خاک قرار داده شد. لوله‌های فرعی با قطر ۱۶ میلی‌متر، به تعداد خطوط کاشت و مجهز به شیر کنترل دبی آب و به هر لوله نوار تیپ با فاصله قطره‌چکان ۱۵ سانتی‌متر و خروجی ۲ لیتر در ساعت متصل شد. برای جلوگیری از ورود هرزآب به مکان اجرای آزمایش، کانالی به عمق ۳۰ سانتی‌متر دور تا دور آن حفر گردید. عمق آب آبیاری تا پیش از استقرار گیاه (ظهور برگ سوم حقیقی) برای همه تیمارها یکسان و از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$ID_i = (\theta_{FC} - \theta_i) \times D_r \quad (1)$$

که در این رابطه، ID_i : عمق آب آبیاری (mm)، D_r : عمق مؤثر ریشه (mm)، و θ_{FC} و θ_i : به‌ترتیب رطوبت حجمی خاک در گنجایش مزرعه‌ای و پیش از آبیاری ($m^3 m^{-3}$) است. مقادیر رطوبت گنجایش مزرعه‌ای و پژمردگی دائم با دستگاه صفحه فشاری (جدول ۱) و رطوبت خاک پیش آبیاری با روش وزنی اندازه‌گیری شد. از زمان اعمال کم‌آبیاری، عمق آب مورد نیاز گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (شاهد) با رابطه (۲) با محاسبه تبخیر و تعرق مرجع به کمک داده‌های بلندمدت هواشناسی (ده سال) و نرم‌افزار ET_0 cal بر اساس روش فائو-پنمن-مانتیت (Jefferies and Mackerron, 1993) و سپس استخراج ضرایب گیاهی هندوانه از نشریه ۵۶ فائو برای مراحل ابتدایی، میانی و پایانی دوره رشد گیاه (۰/۴، ۱ و ۰/۷۵)، تعیین شد (Allen, 1998).

$$ID_{100} = ET_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

در این رابطه، ET_0 تبخیر و تعرق مرجع روزانه بر حسب میلی‌متر در روز، K_c ضریب گیاهی و ET_c تبخیر و تعرق گیاه بر حسب میلی‌متر است. حجم آب آبیاری از رابطه (۳) با احتساب مساحت کرت، عمق و بازده آبیاری مشخص شد:

$$V = \frac{(ID \times A)}{E_a} \quad (3)$$

در این رابطه، V حجم آب آبیاری (مترمکعب)، ID عمق آب آبیاری (متر)، A مساحت کرت (مترمربع) و E_a بازده آبیاری (برابر ۹۰ درصد در نظر گرفته شد) است.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مکان انجام آزمایش.

Table 1. Some soil physical and chemical properties of the experiment location.

Depth (cm)	pH	EC (dS/m)	SAR	Mg ²⁺ +Ca ²⁺ (meq/L)	OC (%)	Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	OC	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	FC (%v/v)	PWP (%v/v)	BD (g/cm ³)
0-30	7.60	1.20	2.90	4.00	0.39	Loam	22	33	45	0.39	0.031	9.40	320	27.3	11.6	1.30

عمق (Depth)، واکنش EC، رسانایی الکتریکی عصاره اشباع (Electrical conductivity)، کربن آلی OC، (Organic carbon)، SAR، نسبت جذب سدیم (Sodium absorption ratio): Mg²⁺+Ca²⁺: منیزیم و کلسیم
 نقطه PWP، نفوذ رس (Clay)، سیلت (Silt)، شن (Sand): N، نیترژن (Nitrogen): P، فسفر (Phosphorus): K، پتاسیم (Potassium): FC، گنجایش مزرعدهای (Field Capacity): BD، چگالی ظاهری (Bulk density): پرمردگی دائم (Permanent wilting point).

لیکوپن (Fish, et al., 2002) سنجیده شد. دستگاه‌های مورد استفاده اسپکتروفتومتر^۱، کلروفیل متر^۲، رفراکتومتر^۳ و pH متر^۴ بود. تجزیه و تحلیل آماری با برنامه‌های ماکرو و مینی تب نسخه ۱۹ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول (۳)، آثار ساده و برهم‌کنش سطوح آبیاری و خاک‌پوش بر صفات عملکرد، تعداد میوه در بوته، میانگین وزن میوه، طول ساقه اصلی، سطح برگ، بهره‌وری آب، محتوای آب نسبی برگ، شاخص کلروفیل، فنول کل، پرولین، رنگیزه‌های فتوستتزی (کلروفیل کل، کلروفیل آ، کلروفیل ب و کاروتنوئید)، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و طول و عرض میوه معنی‌دار است. آثار ساده سطوح آبیاری و خاک‌پوش بر طول میان‌گره، پایداری غشاء و ویتامین ث و اثر ساده آبیاری بر درصد ماده خشک میوه، تعداد انشعابات ساقه و اثر ساده خاک‌پوش بر شکل میوه و مواد جامد محلول معنی‌دار شد. صفات pH، اسیدیته قابل تیتر، مزه و لیکوپن میوه تحت تأثیر تیمارهای این آزمایش قرار نگرفت.

رشد گیاه (طول ساقه اصلی، سطح برگ، طول میان‌گره، انشعابات ساقه) با اعمال کم‌آبیاری کاهش یافت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در جداول (۴) و (۵)، بیش‌ترین طول ساقه اصلی (۳/۷۰ متر) و سطح برگ (۸۵/۵ سانتی‌متر مربع) در تیمار آبیاری کامل و خاک‌پوش پلاستیک مشاهده شد. در آبیاری ۷۰ درصد، خاک‌پوش برگ خرما و شاهد تفاوت چندانی نداشت و در آبیاری ۵۰ درصد اثربخشی پلاستیک نیز کاهش یافت. آبیاری ۵۰ درصد طول میان‌گره را در مقایسه با شاهد ۲۹/۷ درصد کاهش داد. طول میان‌گره با خاک-پوش پلاستیک ۱۶/۸ درصد افزایش یافته و با خاک‌پوش برگ خرما ۱۱/۲ درصد بدون تفاوت معنی‌دار در مقایسه با شاهد، کاهش یافت. انشعابات ساقه در تیمارهای آبیاری ۱۰۰ و

۳۰ سانتی‌متر توسط مته، نمونه‌برداری و پس از مخلوط‌کردن، نمونه مرکب یک کیلوگرمی برای تعیین برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت شد (جدول ۱).

در تاریخ یک دی‌ماه کشت بذر هندوانه رقم کریمسون B34 تولید شرکت سمینس، در دو طرفه جوی (۸۸۸ بوته در هکتار)، انجام شد (اطلاعات هواشناسی دوره رشد گیاه در جدول ۲ آمده است). پس از کاشت بذر، برای ایجاد تونل به‌منظور طولانی‌تر کردن فصل رشد منطقه روی ردیف‌های کاشت، مفتول‌هایی به شکل کمان با فاصله ۱/۵ متر از هم مستقر شده و روی آن‌ها پلاستیک شفاف (عرض ۲ متر) کشیده و اطراف پلاستیک زیر خاک قرار داده شد. تهویه تونل‌ها حتی در هوای سرد در ساعات آفتابی اجتناب‌ناپذیر بود. برای جلوگیری از وارد شدن شوک دمایی به گیاه، کنار زدن پلاستیک شفاف تدریجی انجام شد. برای کنترل مگس جالیز و سرخ‌طومی، دو مرتبه سمپاشی با سم دیمتروپ پیش از ظهور گل و میوه انجام شد. محلول‌پاشی حشره‌کش مالاتیون، آبامکتین و کنفیدر با غلظت‌های درج‌شده روی برچسب در فواصل دو هفته‌ای و تزریق کنفیدر در سیستم آبیاری انجام شد. تغذیه گیاه با کود مرغی (ده تن در هکتار) از طریق خاک و کودهای ویتا فول، اکوفول و آهن لایفر، هفتگی با سیستم آبیاری انجام شد.

صفات ارزیابی‌شده، شامل طول ساقه، سطح برگ، طول میان‌گره و انشعابات ساقه، عملکرد و اجزاء آن، بهره‌وری آب، کلروفیل و کاروتنوئید (Lichtenthaler and Buschmann, 2001)، شاخص کلروفیل^۱ (Abdelkhalik et al., 2019)، پایداری غشاء (Gao, 2000)، محتوای آب نسبی برگ (Smart and Bingham, 1974)، پرولین (Carillo et al., 2011)، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (Giannopolitis and Ries, 1977) و فنول (Slinkard and Singleton, 1977) بود. کیفیت میوه با طول و عرض، شکل (نسبت طول به عرض)، ویتامین ث (Arya et al., 2000)، مواد جامد محلول، مزه (TSS/TA)، pH و اسیدیته قابل تیتر (Wang et al., 2023)، درصد ماده خشک و

2. KONICA MINOLTA SPAD-502 Plus

3. RHB-32ATC

4. Milwaukee

1. PerkinElmer uv/vis, Lambda 25

جدول ۲. اطلاعات هواشناسی مکان انجام آزمایش طی دوره رشد گیاه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰.

Table 2. Growing season meteorological data of the experimental location in 2021-2022.

Month	Temp (°C)			RH (%)	TSH (h)	MWS (m/s)	CE _{pan} (mm)	RF (mm)
	Min	Max	Mean					
January	8.50	20.2	14.3	66	181	1.00	86	152.8
February	7.30	22.5	14.8	56	248	1.25	98	-
March	12.5	29.6	21.0	48	229	1.87	167	-
April	15.7	36.2	26.0	31	303	2.25	286	-

دما (Temp): دما، رطوبت نسبی (RH): رطوبت نسبی، ساعات تابش (TSH): ساعات تابش، سرعت باد (MWS): تبخیر تجمعی (CE_{pan})، بارندگی (RF).
(Temp: Temperature, RH: Relative humidity, TSH: Total sunshine hours, MWS: Max wind speed, CE_{pan}: Cumulative Evaporation, RF: Rainfall)

Table 3. Analysis of variance of irrigation and mulch effect on yield (Yield), fruit number (Fnp), fruit mean weight (Fmw), main stem length (Msl), leaf area (LA), internode length (InL), stem branches number (Sbn), water productivity (WP), leaf relative water content (RWC), membrane stability (MSI), chlorophyll index (SPAD), total phenol (Phe) and proline (Pro), total chlorophyll (Chlt), chlorophyll a (Chla), chlorophyll b (Chlb), carotenoid (Caro), superoxide dismutase (SOD), fruit drymatter (Fdm), soluble solids (TSS), titratable acid (TA), taste (Tss/Ta), vitamin C (Vit c), fruit pH (pH), lycopene (Lyc), fruit length (Fle), fruit width (Fwi), and fruit shape (Fle/Fwi).

*** و^{ns} و^o show significant effect at 1 and 5 percent probability levels and not significant, respectively. * and^{ns} show significant effect at 1 and 5 percent probability levels and not significant, respectively.

Table 3. (Continued)

*** و ** show significant effect at 1 and 5 percent probability levels and not significant, respectively. ¹³³ و ¹³⁴ به ترتیب تأثیر معنی دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم تأثیر معنی دار را نشان می دهد.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر برهم‌کش آبیاری و خاک‌پوش بر تعداد میوه (Fnp)، میانگین وزن میوه (Fmw)، طول ساقه اصلی (MsL)، سطح برگ (LA)، بهره‌وری مصرف آب (WP)، محتوای آب نسبی برگ (RWC)، شاخص کلروفیل (SPAD)، فنول کل (Phe)، پرولین (PRO)، کلروفیل کل (Chlt)، کلروفیل ب (Chlb)، کاروتنوئید (Caro)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، طول میوه (Fle) و عرض میوه (Fwi).

Table 4. Mean comparisons of mutual effect of irrigation and mulch (black plastic: Bp; date palm leaf: DpL; control: C) on fruit number (Fnp), fruit mean weight (FMw), main stem length (MsL), leaf area (LA), water productivity (WP), leaf relative water content (RWC), chlorophyll index (SPAD), total phenol (Phe), proline (PRO), total chlorophyll (Chlt), chlorophyll a (Chla), chlorophyll b (Chlb), carotenoid (Caro), superoxide dismutase (SOD), fruit length (Fle) and fruit width (Fwi).

Treatment	Traits														
Irrigation level (ET _c)	Fnp (no. plant)		Fmw (kg fruit)		MsL (m)		LA (cm ²)		RWC (%)						
	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C			
100	1.50 ^a	1.35 ^b	1.35 ^b	4.80 ^a	4.16 ^b	3.83 ^b	3.73 ^a	3.20 ^b	2.00 ^{cd}	86.5 ^a	75.0 ^b	65.3 ^c	79.5 ^a	72.2 ^b	66.2 ^c
70	1.33 ^b	1.10 ^c	1.10 ^c	4.00 ^b	2.75 ^{cd}	2.16 ^d	3.00 ^c	1.70 ^e	1.45 ^{ef}	75.06 ^b	60.0 ^c	55.1 ^{cd}	72.5 ^b	64.4 ^c	60.0 ^{cd}
50	1.00 ^c	1.00 ^c	1.00 ^c	1.86 ^{de}	1.73 ^{de}	1.50 ^e	1.76 ^{de}	1.46 ^{ef}	1.32 ^f	55.7 ^{cd}	55.2 ^{cd}	50.3 ^{de}	59.4 ^{de}	58.6 ^{de}	58.0 ^{de}
Treatment	Traits														
Irrigation level (ET _c)	SPAD		Phe (mg g ⁻¹ FW)		Prol (mg g ⁻¹ FW)		Chlt (mg g ⁻¹ FW)								
	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C			
100	50.0 ^c	51.0 ^c	51.6 ^{bc}	1.04 ^g	2.30 ^e	1.63 ^f	1.03 ^d	1.28 ^{cd}	1.31 ^c	1.00 ^e	1.10 ^e	1.18 ^{de}	0.89 ^d	0.91 ^d	0.92 ^{cd}
70	51.0 ^c	54.1 ^b	58.3 ^{ab}	1.86 ^f	6.13 ^b	4.33 ^d	1.10 ^d	1.65 ^b	1.84 ^b	1.20 ^d	1.40 ^c	1.66 ^{ab}	0.91 ^d	1.16 ^{bc}	1.50 ^a
50	58.1 ^{ab}	58.7 ^{ab}	61.0 ^a	3.36 ^{de}	8.61 ^a	5.96 ^{bc}	2.02 ^{ab}	2.43 ^a	2.46 ^a	1.39 ^c	1.68 ^b	1.96 ^a	1.12 ^{cd}	1.38 ^{ab}	1.58 ^a
Treatment	Traits														
Irrigation level (ET _c)	Chlb (mg g ⁻¹ FW)		Caro (mg g ⁻¹ FW)		SOD (Unit g ⁻¹ FW)		File (cm)		Fwi (cm)						
	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C	Bp	DpL	C			
100	0.12 ^e	0.18 ^{de}	0.26 ^b	0.41 ^g	0.52 ^{ef}	0.59 ^{de}	52.0 ^d	55.0 ^d	155 ^c	28.6 ^a	26.5 ^{ab}	23.9 ^a	22.2 ^a	18.1 ^b	15.9 ^{bc}
70	0.20 ^{cd}	0.23 ^{bcd}	0.28 ^b	0.49 ^{fg}	0.64 ^{cd}	0.72 ^c	55.0 ^d	138 ^c	436 ^b	27.3 ^a	19.1 ^c	15.4 ^d	21.3 ^a	14.9 ^{cd}	12.7 ^{de}
50	0.26 ^b	0.29 ^b	0.38 ^a	0.94 ^b	1.02 ^{ab}	1.05 ^a	152 ^c	225 ^{bc}	637 ^a	13.5 ^{de}	11.1 ^e	10.4 ^e	10.4 ^e	10.0 ^e	9.80 ^e

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.
In each column, means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

جدول ۵. مقایسه میانگین آثار اصلی آبیاری و خاک‌پوش بر طول میان‌گره (InL)، تعداد انشعابات ساقه (Sbn)، پایداری غشاء (MSI) و ویتامین ث (Vit c)، ماده خشک میوه (Fdm)، شکل میوه (Fle/Fwi)، مواد جامد محلول (TSS)، pH میوه، اسید کل (TA)، مزه (TSS/TA) و لیکوپن (Lyc) میوه.

Table 5. Mean comparisons of main effects of irrigation and mulch (black plastic: Bp; date palm leaf: DpL; control: C) on internode length (InL), stem brachs number (Sbn), membrane stability (MSI), Vitamin C (Vit c), fruit dry matter (Fdm), fruit shape (Fle/ Fwi), total soluble solids (TSS), fruit pH (pH), titratable acid (TA), taste (TSS/TA) and lycopene (Lyc).

Treatment		Traits									
Irrigation level (ET _c)	InL (cm)	Sbn	MSI (%)	Vit c (%)	Fdm (%)	Fle/ Fwi	TSS (Brix)	pH	TA	TSS/TA	Lyc (mg/kg)
100	8.44 ^a	4.30 ^a	78.5 ^a	27.9 ^a	8.01 ^b	1.37 ^a	8.977 ^a	4.84 ^a	0.65 ^a	13.8 ^a	39.1 ^a
70	8.43 ^a	3.47 ^{ab}	73.8 ^{ab}	26.5 ^{ab}	8.30 ^{ab}	1.21 ^a	8.788 ^a	4.88 ^a	0.59 ^a	16.3 ^a	40.3 ^a
50	5.97 ^b	3.04 ^b	68.6 ^b	25.0 ^b	8.68 ^a	1.18 ^a	8.911 ^a	4.84 ^a	0.59 ^a	15.3 ^a	39.2 ^a
Mulch											
Bp	8.72 ^a	3.65 ^a	75.8 ^a	28.6 ^a	8.42 ^a	1.31 ^a	8.54 ^b	4.88 ^a	0.58 ^a	15.6 ^a	39.9 ^a
DpL	6.62 ^b	3.44 ^a	65.5 ^b	26.1 ^b	8.22 ^a	1.28 ^a	9.64 ^a	4.85 ^a	0.63 ^a	15.5 ^a	39.8 ^a
C	7.46 ^b	3.72 ^a	61.6 ^b	24.7 ^b	8.22 ^a	1.18 ^a	8.48 ^b	4.84 ^a	0.62 ^a	14.4 ^a	39.3 ^a

در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

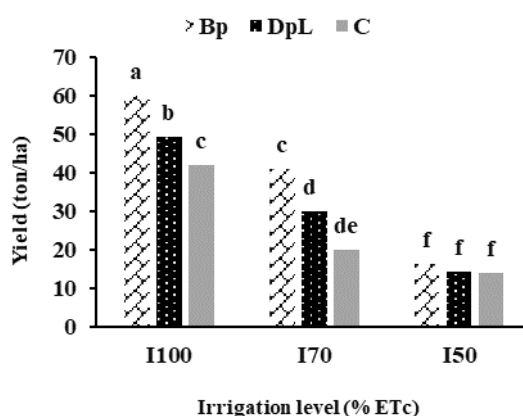
جدول ۶. واکنش (pH)، رسانایی الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، سدیم (Na^+)، کلسیم و منیزیم ($\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$) و نیتروژن کل (TN) در خاک پوشیده‌شده با برگ خردشده خرما، و نمونه‌های خاک و آب.

Table 6. Reaction (pH), electrical conductivity (EC), sodium adsorption ratio (SAR), magnesium + calcium, ($\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$) and total nitrogen (TN) in soil covered with shredded palm leaves, and soil and water samples.

Samples	pH	EC (dS/m)	SAR (meq/L) ^{0.5}	Na^+ (meq/L)	$\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$ (meq/L)	TN (%)
Soil (covered with crushed date palm leaf)	7.70	2.82	3.80	10.9	16.5	0.064
Soil (Control)	7.60	1.20	3.10	4.40	4.80	0.031
Soil (0–30 cm)	7.60	1.10	2.90	4.40	4.00	0.043
Water	7.40	0.90	1.88	3.04	5.20	–

شدت و زمان اعمال تنش و مرحله رشد گیاه ارتباط دارد (Shao et al., 2009). کاهش تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها، کاهش تعداد مریستم‌ها، کاهش فرآیند غذاسازی (فتوستتوز) در اثر کاهش سطح برگ، تغییرات رنگیزه‌های فتوستتوزی، وضعیت روزنه‌ها و اختلال جذب عناصر غذایی خاک و کاهش انتقال فرآورده‌های تولیدشده و اختلال در سنتز تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه می‌تواند دلایل کاهش رشد ناشی از کم‌آبیاری باشد (Farooq et al., 2009). افزایش میزان رشد هندوانه با کاربرد خاک‌پوش با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد (Li et al., 2018). آثار مثبت خاک‌پوش بر رشد گیاه از جمله افزایش بهره‌وری آب و عناصر غذایی از طریق کاهش دفعات آبیاری و ممانعت از شستشوی عناصر توسط بارندگی، کاهش فرسایش و تبخیر از خاک، بهبود ویژگی‌های فیزیکی (پایداری خاکدانه‌ها)، شیمیایی (pH، نسبت کربن به نیتروژن) و زیستی خاک (ریزجانداران، آنزیم‌ها) و تعدیل دما گزارش شده است (Diaz-Perez, 2023). خاک‌پوش برگ خرما با وجود برتری نسبت به شاهد در آبیاری کامل، در سطوح کم‌آبیاری، آثار مثبت ناچیزی داشت و تجزیه خاک‌پوش نشان داد حاوی ۱۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سدیم است. همچنین تجزیه خاک زیرین خاک‌پوش برگ خرما، شاهد و محیط ریشه (لایه ۳۰–۰ سانتی‌متر)، حاکی از افزایش ۲/۶ برابری رسانایی الکتریکی، افزایش ۱/۲ برابری نسبت جذب سدیم، افزایش ۲/۵ برابری سدیم، افزایش ۴/۲ برابری کلسیم و منیزیم و ۲/۱ برابری نیتروژن کل در خاک‌پوش برگ خرما در مقایسه با شاهد بود (جدول ۶).

۷۰ درصد از لحاظ آماری تفاوت نداشت، البته در تیمار آبیاری ۵۰ درصد کاهش یافت ولی تحت تأثیر تیمار خاک‌پوش قرار نگرفت. کاهش طول ساقه و سطح برگ در شرایط کم‌آبیاری در هندوانه گزارش شده است (Yoosefzadeh et al., 2018). گزارش‌های متعددی از تغییرات آناتومیک گیاهان در شرایط تنش کم‌آبیاری اعلام شده است (Shao et al., 2008). در شرایط کم‌آبی تعداد انشعاب ساقه گیاه لوبیا کاهش یافت (Emam et al., 2010). کاهش طول ساقه گیاه در تیمار کم‌آبیاری می‌تواند به علت کاهش آب قابل دسترس، کاهش فتوستتوز و رقابت ایجادشده بین شاخساره و ریشه باشد (Elwan and Abd El-Hamed, 2021). تغییرات طول ساقه گیاه اغلب با تغییر در طول میان‌گره و یا تعداد گره همراه است که در شرایط تنش خشکی اغلب طول میان‌گره تغییر می‌کند (Hoogenboom et al., 1987). کاهش طول میان‌گره و کاهش تعداد انشعابات ساقه با کاهش طول ساقه اصلی رخ می‌دهد (Durigon et al., 2019; Izanloo et al., 2019). کاهش سطح برگ گیاه در مواجهه با کمبود آب یکی از ابتدایی‌ترین پاسخ‌های مورفولوژیک گیاه است (Silva et al., 2023). با کاهش سطح برگ، کاهش جذب نور، کاهش تعرق و جذب از خاک، فتوستتوز نیز کاهش می‌یابد. کاهش فتوستتوز، کاهش اکسین و جیبرلین همراه با تولید آبسزیک اسید حاصل از تنش خشکی سبب القا پیری زودرس و کاهش دوام سطح برگ خواهد شد (Jefferies and Mackerron, 1993; Wahab et al., 2022). میزان و چگونگی کاهش رشد در گیاهان مختلف در اثر تنش خشکی با نوع گیاه،



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری (۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی یا ET_c) و خاک‌پوش (پلاستیک سیاه: Bp، برگ خرما: DpL، و بدون خاک‌پوش: C) بر عملکرد گیاه هندوانه؛ میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. Mean comparisons of the interaction effect of irrigation (I100, I70 and I50 percent of water requirement, ET_c) and mulching (black plastic: Bp, date palm leaf: DpL, and no mulch: C) on the yield of the watermelon; means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

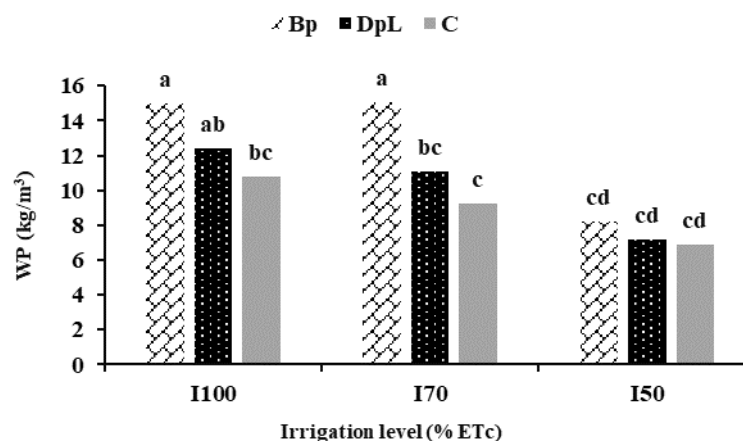
است (Wang et al., 2023). خاک‌پوش قادر است با بهبود وضعیت خاک، افزایش فعالیت ریزجانداران و نیتروژن خاک سبب افزایش رشد، اجزاء عملکرد و عملکرد شود (Lamont Jr, 2017).

بهره‌وری آب با کاربرد خاک‌پوش پلاستیک، در تیمار کم-آبیاری ۷۰ درصد بیش‌ترین مقدار را داشت (۱۵/۱ درصد) که با تیمارهای پلاستیک و برگ خرما در آبیاری کامل تفاوت آماری نداشت (شکل ۲). معمولاً کم‌آبیاری نسبت به آبیاری کامل سبب افزایش بهره‌وری آب می‌شود، مگر این‌که با کاهش عملکرد قابل توجه همراه باشد که بازتابی از حساسیت گیاه به کاهش میزان آب مورد نیاز آن است (Costa et al., 2007). در پژوهش‌های انجام‌شده، بیش‌ترین بهره‌وری آب هندوانه در آبیاری کامل حاصل شده ولی با آبیاری ۷۵ درصد و کاربرد خاک‌پوش تفاوت معنی‌دار نداشته است (Abdelkhalik et al., 2019). بهره‌وری آب گیاه خیار با خاک‌پوش پلاستیک سیاه افزایش نشان داده است (Kirnak and Demirtas, 2006).

محتوای آب نسبی برگ بر اساس نتایج جدول (۵) در تیمار آبیاری کامل و خاک‌پوش پلاستیک بیش‌ترین میزان را داشت (۷۹/۵). کاهش محتوای آب نسبی برگ در هندوانه در شرایط کم‌آبیاری و افزایش آن با کاربرد خاک‌پوش با نتایج این پژوهش

عملکرد و اجزای آن: با توجه به شکل (۱)، بیش‌ترین عملکرد (۶۰/۱ ton/ha)، با آبیاری کامل و خاک‌پوش پلاستیک حاصل شد و در تیمارهای آبیاری کامل و ۷۰ درصد دو خاک‌پوش دیگر نسبت به پلاستیک در سطح پایین‌تری قرار گرفتند. ولی در آبیاری ۵۰ درصد اثربخشی خاک‌پوش پلاستیک کاهش یافت. بر اساس جدول (۵)، بیش‌ترین تعداد و میانگین وزن میوه (به ترتیب ۱/۵ عدد و ۴/۸ کیلوگرم) در همین تیمار مشاهده شد. مشابه با نتایج پژوهش حاضر، کاهش عملکرد هندوانه در اثر کم‌آبیاری گزارش شده است (Rouphael et al., 2008). کاهش تعداد و میانگین وزن میوه باعث کاهش عملکرد هندوانه در اثر کم‌آبیاری می‌شود (Kuscu et al., 2015).

در شرایط کمبود آب، کاهش عملکرد بسیاری از گیاهان با کاهش تعداد و میانگین وزن میوه و یا هر دو در اثر کاهش تقسیم و توسعه سلول‌ها، کاهش گرده افشانی، لقاح و ریزش جوانه‌های گل مرتبط است (Kuscu et al., 2015). کاهش رشد گیاه حاصل کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش کلروفیل، افزایش تنفس برای تغلیظ شیره سلول، فعال‌کردن مسیر پنتوز فسفات و یا افزایش رشد ریشه است (Sreevalli et al., 2000). افزایش عملکرد هندوانه با کاربرد خاک‌پوش در منابع گزارش شده



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری (۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی یا ET_c) و خاک‌پوش (پلاستیک سیاه: Bp، برگ خرما: DpL، و بدون خاک‌پوش: C) بر بهره‌وری مصرف آب گیاه هندوانه؛ میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. Mean comparisons of the interaction effect of irrigation (I100, I70 and I50 percent of water requirement, ET_c) and mulching (black plastic: Bp, date palm leaf: DpL, and no mulch: C) on the water productivity of the watermelon; means with at least one common letter are not significantly different at 5% probability level based on Duncan multiple range test.

فتوستتزی و شاخص کلروفیل به دلیل کاهش فشار آماس سلول‌های برگ و اثر آن بر فضاهای بین‌سلولی و میزان عبور نور تغییر می‌یابد (Meskini-Vishkaee et al., 2015). افزایش رنگیزه‌ها با کم‌آبیاری، شاید به علت کاهش سطح برگ و افزایش نسبی غلظت رنگیزه‌ها باشد. در پژوهش دیگری شاخص کلروفیل گیاه هندوانه تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار نگرفت (Abdelkhalik et al., 2019) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. دلایل عمده کاهش کلروفیل در تیمار کم‌آبیاری کاهش ساخت کلروفیل با افزایش مصرف گلوتامات در مسیر تولید پرولین، آسیب غشاء کلروپلاست با گونه‌های ROS (رادیکال‌های آزاد) و از طرفی تخریب ملکول کلروفیل و تجزیه بخش پروتئینی آن با افزایش آنزیم‌های کلروفیل‌ناز، پراکسیداز و لیپواکسیژناز به دنبال افزایش تنفس و تولید اتیلن باشد (Jing et al., 2023). کاهش محتوای کاروتنوئیدها و گاهی افزایش جزئی این رنگیزه کمکی فتوستتز در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Yavuz et al., 2023).

مقدار بیشینه پرولین (۲/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه) در کم‌آب‌ترین تیمار (یعنی آبیاری ۵۰ درصد و عدم کاربرد خاک-پوش) مشاهده شد که با خاک‌پوش پلاستیک و برگ خرما در

هم‌خوانی دارد (Bucki and Siwek, 2019). کاهش دسترسی به آب یا در حقیقت کاهش پتانسیل آب خاک و در نتیجه عدم تعادل بین جذب و تعرق، کاهش سطح جذب و فعالیت ریشه و از طرفی تغلیظ شیره سلولی (افزایش فشار اسمزی) برای مقابله با کمبود آب، محتوای آب نسبی برگ را کاهش می‌دهد (Smart and Bingham, 1974). شاخص پایداری غشاء براساس نتایج جدول (۵) در تیمارهای آبیاری کامل و ۷۰ درصد تفاوت آماری نداشت ولی با آبیاری ۵۰ درصد کاهش یافت. خاک‌پوش پلاستیک در مقایسه با برگ خرما و شاهد سبب افزایش پایداری غشاء شد. گزارش‌های مشابه در گیاه هندوانه و سایر گیاهان همسو با نتایج این پژوهش اعلام شده است (Bikdeloo et al., 2019). تخریب غشاءهای سلولی به دلیل فعالیت گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) بوده که اغلب با بسته‌شدن روزنه‌ها و تجمع الکترون در مواجهه با کمبود آب افزایش می‌یابد و تغییر شکل پروتئین، لیپیدهای غشاء و ملکول‌های DNA را نیز به دنبال خواهد داشت (Yoosefzadeh et al., 2018). مقادیر شاخص کلروفیل، کلروفیل کل، کلروفیل a و b و کاروتنوئید در تیمار ۵۰ درصد آبیاری و بدون خاک‌پوش بیش‌ترین بود (جدول ۵). معمولاً با کاهش سطح آبیاری، میزان رنگیزه‌های

(Hamed, 2021).

صفات کیفی میوه به ژنتیک، شرایط اقلیمی، وضعیت خاک، آبیاری، تغذیه، روش‌های زراعی و مدیریت بستگی دارد (Knee, M., 2002). صفات کیفی مختلف بر حسب نوع تنش، شدت و چگونگی اعمال آن ممکن است تأثیرپذیری بیش‌تر یا تغییرات اندکی نشان دهند (Pew and Gardner, 1983). ارزیابی صفات کیفی میوه هندوانه تحت اثر کم‌آبیاری و خاک‌پوش گزارش شده است (Li et al., 2018). بر اساس نتایج جدول (۶)، درصد ماده خشک میوه با آبیاری ۵۰ درصد بیش‌ترین میزان را داشت. اثر خاک‌پوش بر درصد ماده خشک میوه معنی‌دار نشد. کمبود آب در میوه نسبت میزان آب به ماده خشک را کاهش داده و درصد ماده خشک را افزایش می‌دهد (Shao et al., 2008). بر اساس نتایج جدول (۶)، مواد جامد محلول میوه در پژوهش حاضر تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار نگرفت که با نتایج برخی پژوهش‌ها در مورد هندوانه تناقض و با برخی هم‌خوانی دارد (Abdelkhalik et al., 2019; Leskovar et al., 2004). ممکن است مرحله رشد گیاه که کم‌آبیاری اعمال می‌شود و یا نوع تیمار کم‌آبیاری نتایج متفاوتی از مواد جامد محلول ایجاد کند (Rouphael et al., 2008). خاک‌پوش برگ خرما سبب افزایش ۱۳/۶ درصدی مواد جامد محلول میوه در مقایسه با شاهد شد. در شرایط کمبود آب، افزایش آبسزیک اسید و لزوم تنظیم اسمزی برای حفظ آماس سلول، با کاهش آنزیم اینورتاز و افزایش ساکارز سبب تغییر مواد جامد محلول می‌شود (Yang and He, 2022). ریزش میوه و افزایش کربوهیدرات‌ها در شرایط کمبود آب، مواد جامد محلول میوه را افزایش می‌دهد. شاید افزایش شوری و افزایش غلظت سدیم در اثر کاربرد خاک‌پوش سبب افزایش مواد جامد محلول شده است (Cova et al., 2022). بر اساس نتایج جدول (۶)، اسید کل (قابل تیتر)، pH و مزه میوه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. ویتامین ث در آبیاری کامل بیش‌ترین میزان را داشت (۲۷/۹ درصد) و با خاک‌پوش پلاستیک و برگ خرما به ترتیب ۱۴/۶ و ۵/۶۶ درصد نسبت به شاهد برتری نشان داد. گزارش‌های مشابهی از اثر

این سطح تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). گزارش افزایش میزان پرولین برگ هندوانه در شرایط تنش خشکی (Silva et al., 2023) با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. کاربرد خاک‌پوش آثار تنش خشکی در هندوانه را تعدیل نموده است (Bucki and Siwek, 2019). مقابله با تنش در اغلب گیاهان علاوه بر تغییرات ظاهری (مورفولوژیک)، زراعی و فیزیولوژیک، با افزایش تولید ترکیبات فعال زیستی مانند پرولین، ترکیبات فنولی و آنزیم‌های ضد اکسیداسیون که سیستم دفاعی گیاه را تشکیل می‌دهند، همراه است (Mehravi et al., 2023). محتوای پرولین بیش‌تر در گیاهان مقاوم‌تر شاید نتیجه توانایی ساخت پرولین بیش‌تر یا کاهش اکسیداسیون آن باشد (Wyn Jones and Storey, 1981).

ترکیبات فنولی (جدول ۴) در تیمار آبیاری ۵۰ درصد و خاک‌پوش برگ خرما افزایش کاملاً مشهودی داشت (۸/۶۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه). تنش خشکی می‌تواند سبب افزایش ترکیبات فنولی در گیاه هندوانه شود (Rivero et al., 2001). شاید سدیم موجود در برگ خرما سبب افزایش فنول برگ هندوانه شده است. برخی از آنزیم‌های ضد اکسیداسیون توسط ترکیبات فنولی مانع آسیب گیاه می‌شوند. گونه‌های مقاوم‌تر، فنول بیش‌تری در حالت عادی دارند (Thipyapong et al., 2004). در شرایط تنش، ثبات غشاء سلول با ساخت فنول‌ها به وسیله آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز امکان‌پذیر می‌شود (Tian and Lei, 2006).

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بیش‌ترین فعالیت را در کم‌آب‌ترین تیمار (یعنی آبیاری ۵۰ درصد بدون خاک‌پوش) نشان داد (جدول ۴). افزایش سوپراکسید دیسموتاز در گیاه هندوانه در شرایط کم‌آبیاری گزارش شده است (Elwan and Abd El-Hamed, 2021). سیستم دفاعی گیاه در شرایط مواجه با کمبود آب فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو را افزایش می‌دهد تا آثار مخرب تنش را تعدیل سازد (Yavuz et al., 2022). سوپراکسید دیسموتاز تنها آنزیمی است که قادر است رادیکال‌های آزاد را جمع‌آوری کند (Elwan and Abd El-)

خاک‌پوش منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد هندوانه (Y) شد که ناشی از وقوع تنش کمبود آب بود. کاهش اول (۱۰۰ به ۷۰) بهره‌وری آب (WP) را به طور غیرمعنی‌داری افزایش داد ولی کاهش دوم به‌طور چشم‌گیر و معنی‌دار منجر به کاهش بهره‌وری آب شد. بنابراین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی همراه با خاک‌پوش پلاستیک سیاه به لحاظ عملکرد احتمالاً بیش‌ترین عاید را خواهد داشت مگر این‌که محدودیت آب، ارزش آن و هزینه آبیاری در مقایسه با قیمت محصول قابل توجه باشد. در چنین صورتی آبیاری ۷۰ درصد نیاز آبی همراه با پلاستیک سیاه به لحاظ بهره‌وری آب در اولویت خواهد بود. البته هزینه به‌کارگیری خاک‌پوش پلاستیکی و پیامدهای زیست‌محیطی احتمالی آن باید در نظر گرفته شود.

تشکر و سپاسگزاری

این پژوهش حمایت خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است

تضاد منافع

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌نوع تضاد منفعی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

کم‌آبیاری بر ویتامین ث در گوجه فرنگی وجود دارد (Thipyapong et al., 2004). اسید آسکوربیک یا ویتامین ث نوعی اسید آلی است که در چرخه تنفس شرکت می‌کند و افزایش تنفس به دنبال افزایش دما در کم‌آبیاری می‌تواند سبب کاهش این ترکیب فعال زیستی در شرایط کمبود آب شود (Yavuz et al., 2022). لیکوپن میوه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت. طول میوه در آبیاری کامل و خاک‌پوش پلاستیک بیش‌ترین مقدار را داشت ولی با تیمار شاهد و برگ خرما تفاوت معنی‌دار نداشت. و در آبیاری ۷۰ درصد نیز خاک-پوش پلاستیک از لحاظ طول میوه از برگ خرما و شاهد برتر بود. ولی در آبیاری ۵۰ درصد، هر سه سطح خاک‌پوش اثر کمی داشتند. بر اساس نتایج جدول (۴)، اثر کم‌آبیاری بر شاخص شکل میوه معنی‌دار نشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد کم‌آبیاری بر شکل میوه اثر بسیار جزئی دارد (Kuscu et al., 2014). اثر خاک‌پوش بر شکل میوه معنی‌دار شد ولی میانگین‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود؛ بنابراین شاید خاک‌پوش با کاهش اثر تنش‌ها بر شکل میوه تأثیر جزئی داشته است.

نتیجه‌گیری

کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰ به ۷۰ و به ۵۰ درصد نیاز آبی یا ET_c (برآوردشده با روش فائو-پنمن-مانتیث) در هر سه نوع

منابع مورد استفاده

1. Abd El-Mageed, T.A., Semida, W.M., Abd El-Wahed, M.H., 2016. Effect of mulching on plant water status, soil salinity and yield of squash under summer-fall deficit irrigation in salt affected soil. *Agric. Water Manage.* 173, 1–12.
2. Abdelkhalik, A., Pascual-Seva, N., Najera, I., Giner, A., Baixauli, C., Pascual, B., 2019. Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. *Agric. Water Manage.* 212, 99–110.
3. Allen, R.G., 1998. Crop Evapotranspiration. *FAO Irrigation and Drainage Paper.* 56, 60–64.
4. Arya, S.P., Mahajan, M., Jain, P., 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. *Anal. Chim. Acta.* 417(1), 1–14.
5. Ayele, B.G., Asseffa, S., Tuhar, A.W., 2023. Effect of deficit irrigation under furrow irrigation techniques on garlic (*Allium sativum* L.) productivity at the central highland of Ethiopia. *Water-Energy Nexus.* 6, 32–45.
6. Bikdeloo, M., Colla, G., Rouphael, Y., Hassandokht, M.R., Soltani, F., Salehi, R., Kumar, P., Cardarelli, M., 2021. Morphological and physio-biochemical responses of watermelon grafted onto rootstocks of wild watermelon [*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad] and commercial interspecific cucurbita hybrid to drought stress. *Hortic.* 7(10), 359.
7. Bucki, P., Siwek, P., 2019. Organic and non-organic mulches—impact on environmental conditions, yield, and quality of Cucurbitaceae. *Folia Hort.* 31(1), 129–145.
8. Carillo, P., Gibon, Y., 2011. Protocol: Extraction and determination of proline. *PrometheusWiki.* 2011, 1–5.
9. Costa, J.M., Ortuno, M.F., Chaves, M.M., 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and

- potential application to horticulture. J. Integr. Plant Biol. 49(10), 1421–1434.
10. Cova, A.M.W., de Azevedo Neto, A.D., da Silva, N.D., Silva, P.C.C., Santos, A.L., Gheyi, H.R., da Silva, L.L., 2022. Osmotic adjustment, production, and post-harvest quality of mini watermelon genotypes differing in salt tolerance. Sci. Hortic. 306, 111463.
 11. Diaz-Perez, J.C., 2023. Plant growth and fruit yield of watermelon as influenced by colored plastic film mulch. Int. J. Veg. Sci. 29(1), 84–92.
 12. Durigon, A., Evers, J., Metselaar, K., de Jong van Lier, Q., 2019. Water stress permanently alters shoot architecture in common bean plants. Agron. 9(3), 160.
 13. Elwan, M.W., Abd El-Hamed, K.E., 2021. Response of watermelon plants grafted onto different rootstocks to deficit irrigation. Int. J. Veg. Sci. 10(1), 63–71.
 14. Emam, Y., Shekoofta, A., Salehi, F., Jalali, A.H., 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. AEJAES. 9(5), 495–499.
 15. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N.S.M.A., Fujita, D.B.S.M.A., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Sustain. Agric. 29(1), 153–188.
 16. Fish, W.W., Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. J. Food Compos. Anal. 15(3), 309–317.
 17. Gao, J.F., 2000. Experimental Technique of Plant Physiology. Word Book Press, Beijing.
 18. Giannopolitis, C.N., Ries, S.K., 1977. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol. 59(2), 309–314.
 19. Hechmi, S., Zoghalmi, R.I., Mokni-Tlili, S., Benzarti, S., Moussa, M., Jellali, S., Hamdi, H., 2023. Agricultural applications. In: Palm Trees and Fruits Residues, Academic Press, Massachusetts, pp. 223–243.
 20. Hoogenboom, G., Peterson, C.M., Huck, M.G., 1987. Shoot growth rate of soybean as affected by drought stress 1. Agron J. 79(4), 598–607.
 21. IZANLOO, A., ZABET, M., RAMAZANI, S.H.R., JAMI, A., 2019. Evaluation of different ecotypes of fennel based on morpho-phenological and quantitative characteristics under water stress conditions. J. Agroecol. 11(3), 877–892.
 22. Jefferies, R.A., Mackerron, D.K.L., 1993. Responses of potato genotypes to drought. II. Leaf area index, growth and yield. Ann. Appl. Biol. 122(1), 105–112.
 23. Jing, D., Liu, B., Ma, H., Liu, F., Liu, X., Ren, L., 2023. Effects of inoculation with different plant growth-promoting rhizobacteria on the eco-physiological and stomatal characteristics of walnut seedlings under drought stress. Agron. 13(6), 1486.
 24. Kirnak, H., Demirtas, M.N., 2006. Effects of different irrigation regimes and mulches on yield and macronutrition levels of drip-irrigated cucumber under open field conditions. J. Plant Nutr. 29(9), 1675–1690.
 25. Knee, M., 2002. Fruit Quality and Its Biological Basis. CRC Press, Columbus, Ohio, USA.
 26. KUSCU, H., TURHAN, A.H.M.E.T., OZMEN, N., AYDINOL, P., BUYUKCANGAZ, H., DEMIR, A.O., 2015. Deficit irrigation effects on watermelon (*Citrullus vulgaris*) in a sub humid environment. J. Anim. Plant Sci. 25(6), 1652–1659.
 27. KUSCU, H., TURHAN, A., DEMIR, A.O., 2014. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. Agric. Water Manage. 133, 92–103.
 28. Lamont Jr, W.J., 2017. Plastic mulches for the production of vegetable crops. In: A Guide to The Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture. Elsevier William Andrew, pp. 45–60.
 29. Leskovar, D., Bang, H., Crosby, K., Maness, N., Franco, A., Perkins-Veazie, P., 2004. Lycopene, carbohydrates, ascorbic acid and yield components of diploid and triploid watermelon cultivars are affected by deficit irrigation. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 79(1), 75–81.
 30. Li, H., Yang, X., Chen, H., Cui, Q., Yuan, G., Han, X., Wei, C., Zhang, Y., Ma, J., Zhang, X., 2018. Water requirement characteristics and the optimal irrigation schedule for the growth, yield, and fruit quality of watermelon under plastic film mulching. Sci. Hortic. 241, 74–82.
 31. Li, X., Liu, F., Li, G., Lin, Q., Jensen, C.R., 2010. Soil microbial response, water and nitrogen use by tomato under different irrigation regimes. Agric. Water Manage. 98(3), 414–418.
 32. Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C., 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Curr. Protoc. Food Anal. Chem. 1(1), 4–3.
 33. Mehravi, S., Hanifei, M., Gholizadeh, A. and Khodadadi, M., 2023. Water deficit stress changes in physiological, biochemical and antioxidant characteristics of anise (*Pimpinella anisum* L.). Plant Physiol. Biochem. 201, 107806.
 34. Meskini-Vishkaee, F., Mohammadi, M.H., Neyshabouri, M.R., Shekari, F., 2015. Evaluation of canola chlorophyll index and leaf nitrogen under wide range of soil moisture. Int. Agrophys. 29(1), 83–90.
 35. Ozmen, S., Kanber, R., Sari, N., Unlu, M., 2015. The effects of deficit irrigation on nitrogen consumption, yield, and quality in drip irrigated grafted and ungrafted watermelon. J. Integr. Agric. 14(5), 966–976.
 36. Papadakis, J., 1966. Climates of The World and Their Agricultural Potentialities, Buenosaires, Argentina.
 37. Pew, W.D., Gardner, B.R., 1983. Effects of irrigation practices on vine growth, yield, and quality of muskmelons. J.

Am. Soc. Hortic. Sci. 108(1), 134–137.

38. Rivero, R.M., Ruiz, J.M., García, P.C., Lopez-Lefebvre, L.R., Sanchez, E., Romero, L., 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Sci.* 160(2), 315–321.

39. Roupael, Y., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., 2008. Yield, mineral composition, water relations, and water productivity of grafted mini-watermelon plants under deficit irrigation. *HortScience* 43(3), 730–736.

40. Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Manivannan, P., Panneerselvam, R., Shao, M.A., 2009. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants—biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironment in arid regions of the globe. *Crit. Rev. Biotechnol.* 29(2), 131–151.

41. Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A., Zhao, C.X., 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C.R- Biol.* 331(3), 215–225.

42. Sharma, S., Basnet, B., Bhattarai, K., Sedhai, A., Khanal, K., 2023. The influence of different mulching materials on tomato's vegetative, reproductive, and yield in Dhankuta, Nepal. *J. Agric. Food Res.* 11, 100463.

43. Silva, J.M., da Silva Junior, G.B., Bonifácio, A., Dutra, A.F., de Mello Prado, R., de Alcântara Neto, F., Zuffo, A.M., Melo, R.S., de Sousa Pereira, T.L., de Sousa, R.S., 2023. Exogenous salicylic acid alleviates water stress in watermelon plants. *Ann. Appl. Biol.* 182(1), 121–130.

44. Slinkard, K., Singleton, V.L., 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *AJEV.* 28(1), 49–55.

45. Smart, R.E., Bingham, G.E., 1974. Rapid estimates of relative water content. *Plant Physiol.* 53(2), 258–260.

46. Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekar, R.S. Kulkarni, R.N., 2000. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. *JMAPS.* 22(4), 356–358.

47. Taromi Aliabadi, B., Hassandokht, M.R., Etesami, H., Alikhani, H.A., Dehghanisani, H., 2019. Effect of mulching on some characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under deficit irrigation. *J. Agric. Sci. Technol.* 21(4), 927–941.

48. Thipyapong, P., Melkonian, J., Wolfe, D.W., Steffens, J.C., 2004. Suppression of polyphenol oxidases increases stress tolerance in tomato. *Plant Sci.* 167(4), 693–703.

49. Tian, X., Lei, Y., 2006. Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. *Biol. Plant.* 50, 775–778.

50. Wahab, A., Abdi, G., Saleem, M.H., Ali, B., Ullah, S., Shah, W., Mumtaz, S., Yasin, G., Muresan, C.C., Marc, R.A., 2022. Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review. *Plants.* 11(13), 1620.

51. Wang, Z., Yu, S., Zhang, H., Lei, L., Liang, C., Chen, L., Su, D., Li, X., 2023. Deficit mulched drip irrigation improves yield, quality, and water productivity of watermelon in a desert oasis region. *Agric. Water Manage.* 277, 108103.

52. Wu, C., Ma, Y., Wang, D., Shan, Y., Song, X., Hu, H., Ren, X., Ma, X., Cui, J., Ma, Y., 2022. Integrated microbiology and metabolomics analysis reveal plastic mulch film residue affects soil microorganisms and their metabolic functions. *J. Hazard. Mater.* 423, 127258.

53. Wyn Jones, R.G., Storey, R., 1981. Betaines. In: Paleg, L.G., Aspinall, D. (Eds.), *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic Press, Sydney, pp. 172–204.

54. Yang, K., Wang, F., Shock, C.C., Kang, S., Huo, Z., Song, N. and Ma, D., 2017. Potato performance as influenced by the proportion of wetted soil volume and nitrogen under drip irrigation with plastic mulch. *Agric. Water Manage.* 179, 260–270.

55. Yang, P., He, S., 2022. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi and deficit irrigation on the yield and sugar content of watermelons (*Citrullus lanatus*). *Hortic. Sci.* 49(4), 225–233.

56. Yang, Y., Li, Z., Yan, C., Chadwick, D., Jones, D.L., Liu, E., Liu, Q., Bai, R., He, W., 2022. Kinetics of microplastic generation from different types of mulch films in agricultural soil. *Sci. Total Environ.* 814, 152572.

57. Yavuz, D., Bastas, K.K., Seymen, M., Yavuz, N., Kurtar, E.S., Suheri, S., Turkmen, O., Gur, A., Kıymacı, G., 2023. Role of ACC deaminase-producing rhizobacteria in alleviation of water stress in watermelon. *Sci. Hortic.* 321, 112288.

58. Yavuz, D., Kılıç, E., Seymen, M., Dal, Y., Kayak, N., Kal, U., Yavuz, N., 2022. The effect of irrigation water salinity on the morph-physiological and biochemical properties of spinach under deficit irrigation conditions. *Sci. Hortic.* 304, 111272.

59. Yoosefzadeh Najafabadi, M., Soltani, F., Noory, H., Diaz-Perez, J.C., 2018. Growth, yield and enzyme activity response of watermelon accessions exposed to irrigation water deficit. *Int. J. Veg. Sci.* 24(4), 323–337.