

واکنش مورفو-فیزیولوژی دو رقم زیتون به محلول‌پاشی برگ‌ی ملاتونین و تنش خشکی در شرایط کشت گلدانی

رحمت‌اله غلامی^{۱*}، سیدمرتضی زاهدی^۲، نرجس فهدی‌حویزه^۳، محمد گردکانه^۴ و حجت‌الله غلامی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۸)

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی برگ‌ی ملاتونین بر پاسخ‌های مورفو-فیزیولوژی دو رقم زیتون در شرایط گلدان در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو استان کرمانشاه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه فاکتور (غلظت‌های ملاتونین، رژیم‌های آبیاری و ارقام زیتون) در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. دو مرحله محلول-پاشی کامل نهال‌های زیتون با ملاتونین در غلظت‌های صفر به عنوان شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار، انجام گردید. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد آبیاری (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق بودند، به‌طوری‌که تیمار ۱۰۰ درصد به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. به منظور تعیین پاسخ ارقام زیتون به تنش خشکی و محلول‌پاشی ملاتونین صفات رویشی مانند ارتفاع نهال، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک شاخه و ریشه، نسبت وزن خشک ریشه به شاخه و نیز صفات فیزیولوژی محتوای نسبی آب برگ، درصد نشت یونی، مقدار کلروفیل کل و مالون‌دی‌آلدهید ثبت گردید. عملیات آماری تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر رقم، سطوح مختلف ملاتونین و رژیم آبیاری بر صفات رویشی و فیزیولوژی مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. صفات رویشی ثبت شده در رقم سویلانا، بیشتر بود، بطوری‌که رقم سویلانا واکنش مناسبی نسبت به محلول‌پاشی ملاتونین در شرایط تنش خشکی داشت. تیمار ۵۰ درصد آبیاری در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری باعث کاهش صفات رویشی شد. محلول‌پاشی ملاتونین باعث تعدیل اثرات تنش آبی در هر دو رقم زیتون مورد مطالعه در شرایط گلدان گردید.

کلمات کلیدی: تنش، صفات فیزیولوژی، ملاتونین

۱- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. مراغه. ایران.

۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

۵- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد حشره‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان. کردستان. ایران.

* پست الکترونیک: gholami.rahmat@yahoo.com

مقدمه

زیتون (*Olea europaea* L.) درختی اقتصادی بوده که بومی شرایط آب و هوایی مدیترانه در نواحی نیمه‌خشک می‌باشد. شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای با بارندگی کم، گرمای زیاد و میزان تشعشعات بالا در طول فصل رشد مشخص می‌شود. شرایط محیطی اثر معنی‌داری بر میزان رشد، فیزیولوژی و عملکرد گیاهان دارد (روسوس^۱ و همکاران، ۲۰۱۰). به دلیل وجود شرایط مستعد برای پرورش زیتون و نیاز کشور به تولید روغن، این محصول از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. برای توسعه کشت زیتون یکی از مهمترین مسائل آن تأمین آب مورد نیاز برای آبیاری درختان می‌باشد.

از طرفی خشکسالی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که هرساله خسارت‌های زیادی به محصولات زراعی و باغی در جهان و به ویژه در ایران که به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید.

در کنار انتخاب و استفاده از ارقام مقاوم به تنش کم‌آبی به‌کاربردن مواد کاهش‌دهنده اثرات منفی تنش خشکی بر روی ارقام مقاوم، سازوکاری دیگر جهت دستیابی به افزایش راندمان کارایی مصرف آب در چنین شرایطی می‌باشد. از جمله این مواد می‌توان به پاکلوبوترازول (یزدانی و همکاران، ۲۰۰۷)، اسید سالیسیلیک (نظری‌کیا، ۱۳۹۰)، کائولین (خالقی و همکاران، ۱۳۹۳) و ملاتونین (کبیری^۲ و همکاران، ۲۰۱۸) اشاره نمود.

ملاتونین (N-استیل-۵-متیوکسی تریپتامین) ماده‌ای با وزن مولکولی پایین است که در ساختار خود حاوی حلقه‌هایی است. تریپتوفان پیش‌ماده لازم برای سنتز ملاتونین است که این ماده در تمامی موجودات زنده از باکتری‌ها تا پستانداران وجود دارد. سطح ملاتونین گیاهان از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت می‌باشد و همچنین بین ارقام موجود در یک گونه نیز تفاوت وجود دارد (عمران^۳ و همکاران، ۲۰۲۱). در این راستا در ارقام زیتون علاوه بر اینکه تعیین اثرات کم‌آبیاری بر ویژگی رشدی و فیزیولوژی اهمیت داشته، خاصیت ملاتونین نیز از طریق بهبود خصوصیات رویشی و فیزیولوژی در بهینه نمودن مصرف

آب در شرایط کم آبی دارای اهمیت می‌باشد. لذا هدف از اجرای این پژوهش استفاده از ملاتونین در غلظت‌های مختلف به منظور بهبود خصوصیات رویشی و فیزیولوژی جهت بهبود صفات مورفولوژی و فیزیولوژی دو رقم زیتون در شرایط گلدانی بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو شهرستان سرپل ذهاب در استان کرمانشاه در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام گرفت. این منطقه دارای طول جغرافیائی ۴۵ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی است. ارتفاع آن از سطح دریا ۵۸۱ متر می‌باشد. به‌منظور انجام پژوهش حاضر نهال‌های یک‌ساله دو رقم زیتون (جدول ۱) در آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت سه رژیم آبیاری در ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو مورد بررسی قرار گرفتند. محلول پاشی کامل نهال‌های زیتون با ملاتونین در غلظت‌های صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار در اواسط تیر و مرداد انجام گرفت. تیمارهای آبیاری شامل آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد آبیاری (شاهد)، ۷۵ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق بودند که بلافاصله بعد از آخرین بارندگی (اول اردیبهشت لغایت اواخر مهر) و به روش لایسیمتری یا وزنی اجرا شد. تبخیر و تعرق به مقدار آب مصرفی نهال‌های شاهد اطلاق می‌شود که همواره در حد مطلوب آبیاری شدند که در هر دوره آبیاری که سه روز یکبار بود، براساس روش وزنی محاسبه شد (دورنبوس^۴ و همکاران، ۱۹۹۷). در این تحقیق تعداد ۱۰ گلدان از نهال‌هایی که با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری می‌شدند، مداوماً توزین می‌شدند و میزان تبخیر و تعرق آن‌ها محاسبه می‌شد. از این‌رو اعمال تیمارهای ذکرشده بر اساس ضریبی از میزان تبخیر و تعرق به‌دست آمد. طول دوره آبیاری سه روز بود. اقلیم منطقه، نیمه‌گرمسیری با متوسط حداقل دما ۹ درجه سانتی‌گراد، متوسط حداکثر دمای سالانه ۴۳/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای سالیانه ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد بود. در هر تیمار تعداد مشاهده در هر واحد آزمایشی چهار اصله نهال بود که در گلدان‌های پلاستیکی ده لیتری با قطر ۲۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵

1. Roussos
2. Kabiri
3. Imran

4. Doorenbos

ریشه و تعداد برگ اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری وزن خشک اندام‌های ذکر شده، بلافاصله بعد از تعیین وزن تر آن‌ها به آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شدند و وزن خشک اندام‌های مذکور ثبت گردید. به منظور اندازه‌گیری میزان نسبی آب برگ، درصد نشت یونی، میزان کلروفیل کل و مالون‌دی‌آلدهید در پایان دوره تنش اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های برگ از تیمارهای مختلف گردید.

سانتی‌متری کشت شدند. در این پژوهش واکنش دو رقم زیتون به تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی ملاتونین مورد بررسی قرار گرفت.

به منظور اندازه‌گیری صفات رویشی در پایان آزمایش، ابتدا نهال‌ها از گلدان با دقت خارج شدند به طوری که تمام ریشه‌های آن‌ها از خاک خارج شد. سپس اقدام به شستشوی ریشه نهال‌ها گردید و قسمت‌های مختلف از قبیل برگ‌ها، شاخه‌ها و ریشه از هم جدا گردیدند صفات مورد نظر از قبیل ارتفاع، وزن تر و خشک برگ، شاخه‌ها و

جدول ۱- مشخصات ارقام زیتون مورد پژوهش (بر اساس نتایج پژوهش ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو شهرستان سرپل ذهاب)

رقم	کشور مبدا	مصرف تجارتي	زمان رسیدن میوه	ویژگی رشدی
سویلانا	بومی اسپانیا	کنسروی	اوایل آذرماه	عادت رشد ایستاده و تراکم تاج متوسط
روغنی	بومی ایران	روغنی	اوایل مهرماه	عادت رشد ایستاده و تراکم تاج متوسط

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که اثر رقم، غلظت ملاتونین و رژیم آبیاری بر صفات ارتفاع نهال، وزن تر و خشک شاخه، وزن خشک برگ، وزن تر و خشک ریشه و نسبت وزن خشک ریشه به شاخه، تعداد برگ، محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، مقدار کلروفیل کل و مالون‌دی‌آلدهید در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید.

صفات رویشی

ارتفاع نهال

ارتفاع نهال تحت تأثیر سطوح ملاتونین و رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. با افزایش غلظت ملاتونین میزان ارتفاع نهال افزایش یافت از طرفی تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع شد (جدول ۴).

وزن تر و خشک شاخه

وزن تر و خشک شاخه تحت تأثیر غلظت ملاتونین و رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. با افزایش غلظت ملاتونین میزان وزن تر و خشک شاخه نیز افزایش یافت از طرفی تنش خشکی باعث کاهش صفات نامبرده گردید (جدول ۴).

وزن تر و خشک برگ

اثر رقم، غلظت ملاتونین و رژیم آبیاری بر وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. غلظت

میزان نسبی آب برگ (RWC) مطابق با روش (گوسی^۱ و همکاران، ۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد. به منظور ارزیابی دوام غشاء سلولی، نشت الکترولیت‌ها با استفاده از روش (کرکمز^۲ و همکاران، ۲۰۰۷) انجام گرفت. اندازه‌گیری غلظت کلروفیل کل برگ طبق روش (دره^۳ و همکاران، ۱۹۹۸) و بر اساس معادله زیر صورت گرفت.

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll a} &= 12.21(A_{663}) - 2.81(A_{646}) \\ \text{Chlorophyll b} &= 20.13(A_{646}) - 5.03(A_{663}) \\ \text{Chl total} &= (20.21 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663}) \end{aligned}$$

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء بر اساس تشکیل کمپلکس مالون‌دی‌آلدهید ایجاد شده با تیوباری تیوریک اسید سنجیده شد. اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدهید با استفاده از روش (استوارت و بولی^۴، ۱۹۸۰) در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر صورت گرفت. آب و خاک مورد استفاده تجزیه شد و نتایج تجزیه‌ها در جدول (۲) و (۳) درج شده است. سپس عملیات آماری تجزیه واریانس با نرم‌افزار Mstatc و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام شد. با توجه به تعداد زیاد جداول در بخش نتایج، جدول‌های تجزیه واریانس آورده نشده و تنها به مقایسه میانگین پرداخته شده است.

1. Gucci
2. Korkmaz
3. Dere
4. Stewart and Bewley

جدول ۲- مشخصات آب محل آزمایش (آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه)

هدایت الکتریکی (mmhos.cm ⁻¹)	مجموع املاح محلول (mg.L ⁻¹)	کربنات (meq.L ⁻¹)	بی کربنات (meq.L ⁻¹)	کلر (meq.L ⁻¹)	سولفات (meq.L ⁻¹)	کلسیم (meq.L ⁻¹)	سدیم (meq.L ⁻¹)	اسیدیته
۵۵۰	۳۵۲	۰.۰	۴/۶۰	۰/۳۰	۱/۹۰	۶/۶۰	۰/۲۰	۷/۲۸

جدول ۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه)

سیلت (درصد)	شن (درصد)	درصد اشباع	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	ازت کل درصد	کربن آلی درصد	کربنات کلسیم درصد	اسیدیته خاک
۴۴	۲۴	۴۰	۳۲۰	۱۱/۸۰	۰/۱۷	۱/۹۵	۳۳	۷/۳۰

شاخه، بیشترین مقدار مربوط به رقم روغنی بود. با افزایش غلظت ملاتونین این نسبت افزایش یافت (جدول ۵).

تعداد برگ

تعداد برگ تحت تأثیر معنی‌دار رقم و رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در ارقام زیتون مورد مطالعه از نظر میزان تعداد برگ، بیشترین مقدار مربوط به رقم سویلانا و کمترین مقدار مربوط به رقم روغنی بود (جدول ۵). تنش خشکی باعث کاهش تعداد برگ شد (جدول ۵).

محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر اثر رقم، سطوح ملاتونین و آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار قرار گرفت. در ارقام زیتون مورد مطالعه از نظر محتوای

ملاتونین باعث افزایش وزن تر و خشک برگ شد در حالی که تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک برگ گردید. (جدول ۴).

وزن تر و خشک ریشه

وزن تر و خشک ریشه تحت تأثیر معنی‌دار رقم و رژیم آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در ارقام زیتون مورد مطالعه، از نظر میزان وزن تر و خشک ریشه، بیشترین مقدار مربوط به رقم سویلانا و کمترین مقدار مربوط به رقم روغنی بود (جدول ۵). تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه شد (جدول ۵).

نسبت وزن خشک ریشه به شاخه

اثر رقم و غلظت ملاتونین بر نسبت وزن خشک ریشه به شاخه معنی‌دار شد. از نظر نسبت وزن خشک ریشه به

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم، غلظت ملاتونین و رژیم آبیاری بر صفات رویشی ارقام زیتون

تیمار	ارتفاع (cm)	وزن تر شاخه (g)	وزن خشک شاخه (g)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)
ارقام زیتون					
سویلانا	۴۰/۳۷ ^a	۳۰/۴۴ ^a	۱۷/۷۴ ^a	۲۴/۴۷ ^a	۱۴/۰۷ ^a
روغنی	۳۰/۹۷ ^b	۱۷/۷۲ ^b	۱۳/۶۵ ^b	۱۳/۹۴ ^b	۵/۶۷ ^b
غلظت ملاتونین					
صفر	۳۳/۷۷ ^c	۲۲/۱۸ ^c	۱۳/۶۴ ^c	۱۷/۳۰ ^b	۷/۹۳ ^c
۵۰ میکرومولار	۳۵/۳۶ ^b	۲۳/۷۷ ^b	۱۵/۴۶ ^b	۱۸/۸۹ ^{ab}	۹/۵۸ ^b
۱۰۰ میکرومولار	۳۷/۸۸ ^a	۲۶/۲۹ ^a	۱۷/۹۸ ^a	۲۱/۴۲ ^a	۱۲/۱۰ ^a
رژیم‌های آبیاری					
۱۰۰ درصد	۳۸/۳۷ ^a	۲۶/۷۸ ^a	۱۸/۲۵ ^a	۲۱/۹۱ ^a	۱۲/۵۳ ^a
۷۵ درصد	۳۵/۷۱ ^b	۲۴/۱۲ ^b	۱۵/۸۱ ^b	۱۹/۲۵ ^{ab}	۹/۹۳ ^b
۵۰ درصد	۳۲/۹۲ ^c	۲۱/۳۳ ^c	۱۳/۰۲ ^c	۱۶/۴۵ ^b	۷/۱۴ ^c

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

(روزکرانس^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). غلامی و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که رقم Bn₃ (مشکات) و DS₁₇ (ده سفید) نسبت به ارقام دیگر زیتون مورد آزمایش در شرایط گلدانی دارای وضعیت رویشی بهتر و نیز محتوای آب برگ بیشتر، کلروفیل بیشتر و نشت یونی کمتر و تولید مالون دی‌آلدهید کمتر در شرایط اعمال تنش خشکی بود. از طرفی رقم مشکات و ژنوتیپ ده سفید در شرایط مزرعه نیز در بین هفت ژنوتیپ برتر زیتون خصوصیات رویشی بهتری در شرایط مزرعه داشتند (غلامی و همکاران، ۲۰۱۹). آزمایش‌های صورت گرفته بر روی ارقام زیتون بلیدی، میشن، زرد، فیشمی، نبالی، گوردال، آربکین و روغنی در شرایط گلدانی نشان دادند که در شرایط تنش خشکی میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل در کلیه ارقام کاهش پیدا کرد ولی بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ و پرولین افزوده شد (ارزانی و یزدانی^۳، ۲۰۰۴).

بر اساس نتایج به دست آمده ملاتونین می‌تواند ترکیبی مناسب جهت کاهش تنش‌های محیطی به خصوص کمبود آب باشد (شی^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). اثرات ملاتونین بر کاهش خسارت اکسیداتیو حاصل از کم‌آبی در خیار (ژانگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۴)، گونه‌های سیب (لی^۶ و همکاران، ۲۰۱۵)، سویا (وی^۷ و همکاران، ۲۰۱۵)، باقلا مصری (آرنائو و هرناندز-روئیز^۸، ۲۰۱۵) و انگور (منگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۴) به اثبات رسیده است. به کاربرد ملاتونین می‌تواند با بهبود ظرفیت بازسازی سبب زنده ماندن گیاهان در شرایط تنش‌های غیرزنده باشد (تان^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۲). خاصیت آنتی‌اکسیدانی ملاتونین باعث شده است که این ماده، باعث افزایش توانایی گیاه برای مقابله با تنش‌های محیطی گردد (آرنائو و هرناندز-روئیز، ۲۰۱۵). بهبود مقاومت به تنش خشکی در کاربرد ملاتونین در گندم، گوجه‌فرنگی، ذرت و دانه‌های خیار نیز مشاهده شده است (سوی^{۱۱} و

نسبی آب برگ، بیشترین مقدار مربوط به رقم سویلانا و کمترین مقدار مربوط به رقم روغنی بود (جدول ۶). با افزایش غلظت ملاتونین میزان محتوای نسبی آب برگ نیز افزایش یافت از طرفی تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ گردید (جدول ۶).

نشت یونی

نشت یونی تحت تأثیر اثر رقم، سطوح ملاتونین و آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در ارقام زیتون مورد مطالعه، از نظر نشت یونی، بیشترین مقدار مربوط به رقم روغنی و کمترین مقدار مربوط به رقم سویلانا بود (جدول ۶). با افزایش غلظت ملاتونین میزان نشت یونی نیز کاهش یافت، از طرفی تنش خشکی باعث افزایش نشت یونی گردید (جدول ۶).

مالون دی‌آلدهید

اثر رقم، ملاتونین و آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر مقدار مالون دی‌آلدهید معنی‌دار گردید. از لحاظ میزان مالون دی‌آلدهید بین ارقام زیتون مورد مطالعه، بیشترین مقدار مربوط به رقم روغنی بود (جدول ۶). با افزایش غلظت ملاتونین، مالون دی‌آلدهید نیز کاهش یافت. از طرفی تنش خشکی باعث افزایش مالون دی‌آلدهید شد (جدول ۶).

کلروفیل کل

مقدار کلروفیل کل تحت تأثیر اثر رقم، غلظت ملاتونین و آبیاری در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. در ارقام زیتون مورد مطالعه، بیشترین میزان کلروفیل مربوط به رقم سویلانا بود (جدول ۶). با افزایش غلظت ملاتونین، میزان کلروفیل نیز افزایش یافت از طرفی تنش خشکی باعث کاهش مقدار کلروفیل گردید (جدول ۶).

با توجه به نتایج بدست آمده مقادیر صفات رویشی اندازه‌گیری شده در دو رقم زیتون بسته به نوع رقم با یکدیگر متفاوت بودند. واکنش ارقام زیتون به تنش خشکی، بستگی به ویژگی‌های ژنتیکی دارد. زیتون از نظر تحمل به خشکی شناخته شده است، با این حال از نظر پاسخ به کمبود آب در بین ارقام تفاوت وجود دارد (غلامی و زاهدی^۱، ۲۰۱۹). در این راستا در بررسی که در درختان زیتون رقم آربکین صورت گرفت، میزان رشد شاخساره و قطر تنه با افزایش میزان آب آبیاری افزایش می‌یابد

2. Rosecrance
3. Arzani and Yazdani
4. Shi
5. Zhang
6. Li
7. Wei
8. Arnao and Hernandez-Ruiz
9. Meng
10. Tan
11. Cui

1. Gholami and Zahedi

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رقم، غلظت ملاتونین و رژیم آبیاری بر صفات رویشی ارقام زیتون

تیمار	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)	نسبت وزن خشک ریشه به شاخه	تعداد برگ
ارقام زیتون				
سویلانا	۲۹/۳۴ ^a	۸/۷۱ ^a	۰/۴۷ ^a	۳۸۶/۹۶ ^a
روغنی	۱۳/۴۶ ^b	۴/۱۱ ^b	۰/۲۷ ^b	۲۰۷/۷۷ ^b
غلظت ملاتونین				
صفر	۱۹/۵۰ ^c	۴/۶۵ ^c	۰/۳۰ ^c	۲۹۵/۵۰ ^c
۵۰ میکرومولار	۲۱/۰۹ ^b	۶/۰۳ ^b	۰/۳۶ ^b	۲۹۷/۰۵ ^b
۱۰۰ میکرومولار	۲۳/۶۱ ^a	۸/۵۵ ^a	۰/۴۹ ^a	۲۹۹/۵۵ ^a
رژیم‌های آبیاری				
۱۰۰ درصد	۲۴/۱۱ ^a	۹/۰۴ ^a	۰/۴۸ ^a	۳۰۰/۰۵ ^a
۷۵ درصد	۲۱/۴۴ ^b	۶/۳۸ ^b	۰/۳۸ ^b	۲۹۷/۴۴ ^b
۵۰ درصد	۱۸/۶۵ ^c	۳/۸۰ ^c	۰/۲۶ ^c	۲۹۴/۶۱ ^c

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر رقم، غلظت ملاتونین و رژیم آبیاری بر صفات محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، میزان کلروفیل و

مالون‌دی‌آلدئید ارقام زیتون

تیمار	محتوای نسبی آب برگ (%)	نشت یونی (%)	کلروفیل کل (mg.g-1 FW)	مالون‌دی‌آلدئید (nmol.g ⁻¹ FW)
ارقام زیتون				
سویلانا	۹۰/۱۴ ^a	۳۰/۴۴ ^b	۱/۳۰ ^a	۱/۵۱ ^b
روغنی	۸۲/۹۷ ^b	۳۷/۰۳ ^a	۰/۵۸ ^b	۳/۰۲ ^a
غلظت ملاتونین				
صفر	۸۴/۶۵ ^c	۳۴/۸۵ ^a	۰/۸۲ ^c	۳/۱۸ ^a
۵۰ میکرومولار	۸۶/۲۴ ^b	۳۳/۵۵ ^b	۰/۹۷ ^b	۲/۲۷ ^b
۱۰۰ میکرومولار	۸۸/۷۶ ^a	۳۲/۸۲ ^c	۱/۰۴ ^a	۱/۳۳ ^c
رژیم‌های آبیاری				
۱۰۰ درصد	۸۹/۲۶ ^a	۲۵/۴۵ ^c	۱/۴۹ ^a	۱/۷۳ ^c
۷۵ درصد	۸۶/۶۰ ^b	۳۴/۴۱ ^b	۰/۹۰ ^b	۲/۰۴ ^b
۵۰ درصد	۸۳/۸۰ ^c	۴۱/۳۶ ^a	۰/۴۴ ^c	۳/۰۱ ^a

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

غلظت‌های مناسب سبب تأخیر نابودی کلروفیل و پیری برگ در مقایسه با گیاهان شاهد می‌شود (آرنائو و هرناندز-روئیز، ۲۰۱۵). تیمار بلند مدت ملاتونین بر روی درختان یکساله گونه‌های سیب در شرایط تنش خشکی، پیری برگ را به تأخیر انداخت و کاهش معنی‌داری را در تخریب کلروفیل از طریق افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های مهارکننده

همکاران، ۲۰۱۷؛ لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۵؛ یه و همکاران، ۲۰۱۶؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۱۳). کاهش تولید و تخریب پیش‌ماده‌های کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز از دلایل کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی می‌باشد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). ملاتونین در

1. Liu

غلظت‌های مختلف سبب تأخیر نابودی کلروفیل و پیری برگ در مقایسه با گیاهان شاهد می‌شود (آرنائو و هراندز روئیز، ۲۰۱۵).

تجمع مالون‌دی‌آلدهید در شرایط تنش خشکی در گیاهان ذرت افزایش نشان داد و کاربرد ملاتونین توانست از تجمع مالون‌دی‌آلدهید بکاهد (احمد^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). کاهش تجمع مالون‌دی‌آلدهید در اثر کاربرد ملاتونین به دلیل افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در پی استفاده از این ماده است که سبب حذف موثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. ترکیب ملاتونین یک آنتی‌اکسیدان چند دامنه‌ای و مهارکننده رادیکال آزاد در نظر گرفته می‌شود (داوود و ال-اوادی^۴، ۲۰۱۵) و در شرایط تنش ممکن است که خود مستقیماً رادیکال‌های آزاد اکسیژن را حذف کند.

ملاتونین تحمل به تنش خشکی را در گیاه سویا با افزایش طول و سطح برگ و کاهش از دست‌رفتن بیومس گیاهی در مواجهه با تنش‌ها افزایش می‌دهد (وی و همکاران، ۲۰۱۵). این نتایج با نتایج گزارش‌شده در خصوص نقش ملاتونین در غلظت‌های پایین در افزایش رشد و نمو رویشی گیاه شیرین بیان (افزین^۵ و همکاران، ۲۰۰۶) و گیلاس (ساروپولو^۶ و همکاران، ۲۰۱۲) مطابقت دارد. ملاتونین رشد گیاه را با افزایش کارایی اسیمیلسیون کربن ارتقا می‌بخشد (لی و همکاران، ۲۰۱۶)، زیرا هدایت روزنه‌ای را تحریک می‌کند (منگ و همکاران، ۲۰۱۴)، کارایی فتوشیمیایی، فتوسیستم دو را تحریک می‌کند (یه^۷ و همکاران، ۲۰۱۶)، باعث تجمع آنزیم روبیسکو به همراه افزایش میزان نیتروژن و پروتئین کل می‌گردد (ژائو^۸ و همکاران، ۲۰۱۵). ملاتونین همچنین سبب کاهش کاتابولیسم مولکول‌های کلروفیل و تنظیم کاهشی ژن‌های مربوط به فرآیند پیری می‌شود (لیانگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایشی با کاربرد ملاتونین روی گیاه ذرت ارتفاع گیاه و قطر ساقه نسبت به شاهد در تنش خشکی افزایش یافت (احمد و همکاران، ۲۰۱۹).

ملاتونین با القا رشد گیاه تحمل گیاه را به شرایط تنش

گونه‌های فعال اکسیژن شد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). پژوهشگران اعتقاد دارند که این نتایج ممکن است که با اثر متقابل ملاتونین با دیگر تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نظیر آسبیزیک اسید و کینتین در پیری برگ در ارتباط باشد (آرنائو و هراندز-روئیز، ۲۰۱۵). در این پژوهش، شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان شاهد، ملاتونین در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار سبب افزایش محتوای آب نسبی برگ شد. تنش خشکی اثری منفی بر محتوای آب نسبی برگ دارد و تیمار با ملاتونین اثر منفی تنش آبی را کم می‌کند (کبیری و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات کبیری و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده که کاربرد ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین باعث افزایش محتوای آب نسبی برگ در گیاه بادرنجبویه شده و خسارت تنش آبی کاهش یافته است.

در یک پژوهش نهال‌های تیمار نشده سیب در مقابله با تنش خشکی افزایش نشت الکترولیت را نشان دادند ولی نهال‌هایی که با ملاتونین تیمار شده بودند، سطوح نشت الکترولیت کمتری را نشان دادند (لی و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایش دیگری هم میزان تجمع مالون‌دی‌آلدهید، نشت الکترولیت و هیدروژن پراکسید در گیاهان سویای تیمار شده با ملاتونین کم شدند (عمران و همکاران، ۲۰۲۱).

کاهش در میزان سبزینه برگ تحت تنش باعث کاهش کارایی فتوسنتزی در گیاهان می‌گردد و گیاهانی که بتوانند سبزینه خود را حفظ نمایند، می‌توانند فتوسنتز بالاتری داشته باشند. کمبود آب سبب پیری زودهنگام گیاهان، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (دوپیس^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). در آزمایشی از کبیری و همکاران (۲۰۱۸)، بالاترین سطح تنش خشکی اعمال‌شده در مقایسه با تیمار شاهد کلروفیل کل را کاهش داد و به کاربرد ملاتونین در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار به ترتیب سبب افزایش ۷/۶۵ و ۱۸/۸ درصدی در کلروفیل کل شد. کاهش تولید و تخریب پیش‌ماده‌های کلروفیل و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌ازدلال دلایل کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی است (وانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۳). ملاتونین در

3. Ahmad

4. Dawood and El-Awadi

5. Afreen

6. Sarropoulou

7. Ye

8. Zhao

9. Liang

1. Doupis

2. Wang

فیزیولوژی در طی تنش خشکی گردید، لذا پیشنهاد می‌گردد که به منظور تعدیل تنش خشکی در ارقام زیتون از ملاتونین با غلظت ۱۰۰ میکرومولار استفاده گردد.

سیاسگزاری

این پژوهش قسمتی از نتایج پروژه تحقیقاتی شناسایی مهم‌ترین ارقام تجاری و حساس به تنش خشکی زیتون و افزایش کیفیت میوه ارقام زیتون شناسایی شده تجاری با کاربرد ملاتونین به شماره مصوب ۹۹۰۴۵۷-۰۷۳-۳۳-۲۴-۵۵ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و نیز طرح تحقیقاتی ۹۸۰۶۳۹۳ صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور می‌باشد. بدین‌وسیله از سازمان تحقیقات و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به خاطر تأمین مالی اجرای این پروژه و نیز همکاران ایستگاه تحقیقات زیتون دالاهو به‌ویژه آقایان مهندس ترابی و پیرمادی به خاطر کمک در انجام آزمایش تشکر و قدردانی می‌شود.

خشکی افزایش می‌دهد این افزایش رشد به‌دلیل بهبود آسیمیلایسیون کربن پس از کاربرد ملاتونین است و علت این بهبود نیز افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاهان تیمار شده می‌باشد (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۸) که با نتایج لیانگ و همکاران (۲۰۱۹) روی گیاه گوجه‌فرنگی و کیوی فروت مطابقت دارد. به بیان دیگر تحت شرایط تنش خشکی، گیاهان با بستن منافذ روزه خود به این شرایط کمبود آب واکنش نشان داده و از هدررفت آب جلوگیری می‌کنند. همین عمل، هدایت روزه‌ای را کم کرده و ظرفیت فتوسنتزی را کاهش می‌دهد. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از غلظت مناسب ملاتونین کارآیی روزه‌ها را برای دوباره بازشدن تحت تنش خشکی افزایش می‌دهد که با نتایج لی و همکاران (۲۰۱۵) روی سیب مطابقت دارد (لی و همکاران، ۲۰۱۵).

تنش خشکی علاوه بر کاهش فتوسنتز و تخریب کلروفیل باعث کاهش رشد گیاه و تقسیم، تمایز و طولیل‌شدن سلول‌ها می‌گردد (الکلیش^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). علت تأثیر مثبت ملاتونین بر رشد سلول‌ها طی تنش خشکی به افزایش بیان ژن‌های مرتبط با تقسیم سلولی، فتوسنتز و متابولیسم مربوط می‌شود (وی و همکاران، ۲۰۱۵)

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که ارقام زیتون مورد آزمایش واکنش‌های متفاوتی نسبت به تیمارهای ملاتونین و آبیاری داشتند. از آنجایی که هدف از این تحقیق بررسی اثرات سطوح مختلف ملاتونین و آبیاری روی دو رقم زیتون بود، نتایج بدست آمده نشان داد که رقم سویلانا از نظر صفات رویشی و فیزیولوژیکی وضعیت مناسب‌تری داشت.

همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که تحت تنش خشکی پارامترهای رویشی ارقام زیتون کاهش یافتند، در حالی که این پارامترها در ارقام تیمار شده با ملاتونین نسبت به ارقام تیمار نشده در شرایط تنش کم‌آبی از مقادیر بالاتری برخوردار بودند. همچنین مشخص شد که در ارقام تحت تنش آبیاری، ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین، سبب بهبود و افزایش پارامترهای رویشی و نیز صفات

1. Liu
2. Elkelish

منابع

- خالقی، ا.، ارزانی، ک.، معلمی، ن. و برزگر، م. ۱۳۹۳. مطالعه اثر کاربرد برگی کاتولین بر فلئورسانس و میزان کلروفیل برگ نهال‌های زیتون (*Olea europaea* L.) رقم دزفول تحت تنش کم‌آبی. تولیدات گیاهی، ۳۷(۲): ۱۲۷-۱۳۹.
- نظری‌کیا، ح. ۱۳۹۰. تأثیر اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دو رقم زیتون (کورونکی و دزفول) تحت تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ایران.
- Afreen, F., Zobayed, S.M. and Kozai, T.J.J.O.P.R., 2006. Melatonin in Glycyrrhiza uralensis: response of plant roots to spectral quality of light and UV-B radiation. Journal of pineal research, 41(2), pp.108-115.
- Ahmad, S., Kamran, M., Ding, R., Meng, X., Wang, H., Ahmad, I., Fahad, S. and Han, Q. 2019. Exogenous melatonin confers drought stress by promoting plant growth, photosynthetic capacity and antioxidant defense system of maize seedlings. Peer Journal, 7: 7793.
- Arnao, M.B. and Hernández-Ruiz, J., 2015. Functions of melatonin in plants: a review. Journal of pineal research, 59(2), pp.133-150.
- Arzani, K. and Yazdani, N., 2004. The influence of drought stress and paclobutrazol on quantitative changes of proteins in olive (*Olea europaea* L.) cultivars Bladi and Mission. In V International Symposium on Olive Growing 791 (pp. 527-530).
- Cui, G., Zhao, X., Liu, S., Sun, F., Zhang, C. and Xi, Y. 2017. Beneficial effects of melatonin in overcoming drought stress in wheat seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 118: 138-149.
- Dawood, M.G. 2017. Physiological effect of melatonin, IAA and their precursor on quality and quantity of chickpea plants grown under sandy soil conditions. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Special issue: 35-44.
- Dawood, M.G. and El-Awadi, M.E., 2015. Alleviation of salinity stress on *Vicia faba* L. plants via seed priming with melatonin. Acta Biológica Colombiana, 20(2), pp.223-235.
- Dere, S., Gunes, T. and Sivaci, R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and totalcarotenoid contents of some algae species using different solvents. Turkish journal of Botany, 22(1): 13-18.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O., Aboukhaled, A., Damagnez, J., Dastane, N.G., Van Den Berg, C., Rijtema, P.E., Ashford, O.M. and Frere, M., 1977. Crop water requirements.
- Doupis, G., Chartzoulakis, K. and Patakas, A., 2012. Differences in antioxidant mechanisms in grapevines subjected to drought and enhanced UV-B radiation. Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA), 24(6).
- Elkelish, A., El-Mogy, M.M., Niedbała, G., Piekutowska, M., Atia, M.A., Hamada, M.M., Shahin, M., Mukherjee, S., El-Yazied, A.A., Shebl, M. and Jahan, M.S., 2021. Roles of exogenous α -lipoic acid and cysteine in mitigation of drought stress and restoration of grain quality in wheat. Plants, 10(11), p.2318.
- Gholami, R. and Zahedi, S.M. 2019. Identifying superior drought-tolerant olive genotypes and their biochemical and some physiological responses to various irrigation levels. Journal of Plant Nutrition, 42(17): 2057-2069.
- Gucci, R., Lombardini, L. and Tattini, M. 1997. Analysis of leaf water relations in leaves of two olive (*Olea europaea*) cultivars differing in tolerance to salinity. Tree Physiology, 17(1): 13-21.
- Imran, M., Latif Khan, A., Shahzad, R., Aaqil Khan, M., Bilal, S., Khan, A., Kang, S.M. and Lee, I.J. 2021. Exogenous melatonin induces drought stress tolerance by promoting plant growth and antioxidant defence system of soybean plants. AoB Plants, 13(4): plab026.
- Kabiri, R., Hatami, A., Oloumi, H., Naghizadeh, M., Nasibi, F. and Tahmasebi, Z. 2018. Foliar application of melatonin induces tolerance to drought stress in Moldavian balm plants (*Dracocephalum moldavica*) through regulating the antioxidant system. Folia Horticulturae, 30(1): 155-167.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M. and Demirkiran, A.R., 2007. Acetyl salicylic acid alleviates chilling-induced damage in muskmelon seedlings. Canadian Journal of Plant Science, 87(3), pp.581-585.
- Li, C., Tan, D.X., Liang, D., Chang, C., Jia, D. and Ma, F., 2015. Melatonin mediates the regulation of ABA metabolism, free-radical scavenging, and stomatal behaviour in two Malus species under drought stress. Journal of Experimental Botany, 66(3), pp.669-680.

- Li, X., Tan, D.X., Jiang, D. and Liu, F., 2016. Melatonin enhances cold tolerance in drought-primed wild-type and abscisic acid-deficient mutant barley. *Journal of pineal research*, 61(3), pp.328-339.
- Liang, C., Zheng, G., Li, W., Wang, Y., Hu, B., Wang, H., Wu, H., Qian, Y., Zhu, X.G., Tan, D.X. and Chen, S.Y., 2015. Melatonin delays leaf senescence and enhances salt stress tolerance in rice. *Journal of pineal research*, 59(1), pp.91-101.
- Liang, D., Ni, Z., Xia, H., Xie, Y., Lv, X., Wang, J., Lin, L., Deng, Q. and Luo, X. 2019. Exogenous melatonin promotes biomass accumulation and photosynthesis of kiwifruit seedlings under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 246: 34-43.
- Liu, J., Wang, W., Wang, L. and Sun, Y. 2015. Exogenous melatonin improves seedling health index and drought tolerance in tomato. *Journal of Plant Growth Regulation*, 77: 317-326.
- Liu, Z., Cai, J.S., Li, J.J., Lu, G.Y., Li, C.S., Fu, G.P., Zhang, X.K., Liu, Q.Y., Zou, X.L. and Cheng, Y. 2018. Exogenous application of a low concentration of melatonin enhances salt tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) seedlings. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(2): 328-335.
- Meng, J.F., Xu, T.F., Wang, Z.Z., Fang, Y.L., Xi, Z.M. and Zhang, Z.W. 2014. The ameliorative effects of exogenous melatonin on grape cuttings under water-deficient stress: antioxidant metabolites, leaf anatomy, and chloroplast morphology. *Journal of Pineal Research*, 57(2): 200-212.
- Rosecrance, R.C., Krueger, W.H., Milliron, L., Bloese, J., Garcia, C. and Mori, B. 2015. Moderate regulated deficit irrigation can increase olive oil yields and decrease tree growth in super high density 'Arbequina' olive orchards. *Scientia Horticulturae*, 190: 75-82.
- Roussos, P.A., Denaxa, N.K., Damvakaris, T., Stournaras, V. and Argyrokastritis, I., 2010. Effect of alleviating products with different mode of action on physiology and yield of olive under drought. *Scientia horticulturae*, 125(4), pp.700-711.
- Sarpoglou, V., Dimassi-Theriou, K., Therios, I. and Koukourikou-Petridou, M., 2012. Melatonin enhances root regeneration, photosynthetic pigments, biomass, total carbohydrates and proline content in the cherry rootstock PHL-C (*Prunus avium* × *Prunus cerasus*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 61, pp.162-168.
- Shi, H., Chen, K., Wei, Y. and He, C., 2016. Fundamental issues of melatonin-mediated stress signaling in plants. *Frontiers in plant science*, 7, p.1124.
- Stewart, R.R. and Bewley, J.D., 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant physiology*, 65(2), pp.245-248.
- Tan, D.X., Hardeland, R., Manchester, L.C., Rosales-Corral, S., Coto-Montes, A., Boga, J.A. and Reiter, R.J., 2012. Emergence of naturally occurring melatonin isomers and their proposed nomenclature. *Journal of Pineal Research*, 53(2): 113-121.
- Wang, W.L., Wan, Y.J., Liu, B., Wang, G.X., Tang, X.Y., Chen, X., Liang, B. and Zhuang, W., 2013. Influence of soil gradual drought stress on *Acorus calamus* growth and photosynthetic fluorescence characteristics. *Acta Ecologica Sinica*, 33(13), pp.3933-3940.
- Wei, W., Li, Q.T., Chu, Y.N., Reiter, R.J., Yu, X.M., Zhu, D.H., Zhang, W.K., Ma, B., Lin, Q., Zhang, J.S. and Chen, S.Y., 2015. Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. *Journal of experimental botany*, 66(3): 695-707.
- Yazdani, N., Arzani, K. and Arji, I., 2007. The amelioration effect of paclobutrazol on water stress on olives (*Olea europaea* cv. Belidi and Mission). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 38(2), pp.287-296.
- Ye, J., Wang, S., Deng, X., Yin, L., Xiong, B. and Wang, X., 2016. Melatonin increased maize (*Zea mays* L.) seedling drought tolerance by alleviating drought-induced photosynthetic inhibition and oxidative damage. *Acta physiologiae plantarum*, 38(2), p.48.
- Zhang, H.J., Zhang, N.A., Yang, R.C., Wang, L., Sun, Q.Q., Li, D.B., Cao, Y.Y., Weeda, S., Zhao, B., Ren, S. and Guo, Y.D. 2014. Melatonin promotes seed germination under high salinity by regulating antioxidant systems, ABA and GA 4 interaction in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Pineal Research*, 57(3): 269-279.
- Zhang, N., Zhao, B., Zhang, H.J., Weeda, S., Yang, C., Yang, Z.C., Ren, S. and Guo, Y.D., 2013. Melatonin promotes water-stress tolerance, lateral root formation, and seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of pineal research*, 54(1), pp.15-23.

Zhao, H., Su, T., Huo, L., Wei, H., Jiang, Y., Xu, L. and Ma, F., 2015. Unveiling the mechanism of melatonin impacts on maize seedling growth: sugar metabolism as a case. *Journal of Pineal Research*, 59(2), pp.255-266.