نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۸، مرداد - شهریور ۱۴۰۳، ص. ۴۷۶-۴۶۵

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 18, Aug.-Sep. 2024, p. 465-476

مقاله علمی-پژوهشی

تاثیر تنش آب شور و تیمار ملاتونین بر گلدهی و برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه بنفشه (Viola×wittrockiana)

ساجده اسکندری چراتی[۱]، مهناز کریمی[۲*]، فاطمه قربانعلی زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷

چکیده

بنفشه گیاه زینتی یک‌ساله با گل‌های زیبا و معطر کاربرد فراوانی در فضای سبز شهری دارد. با توجه به این‌که ملاتونین دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی است، این پژوهش با هدف بررسی نقش ملاتونین در کاهش تنش شوری در گیاه بنفشه انجام شد. فاکتورها شامل ملاتونین در سه سطح (صفر،۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و تنش شوری در چهار سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و۹۰ میلی‌مولار) بود. طبق نتایج به‌دست آمده بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین با افزایش ۱۶/۰۷ درصدی نسبت به شاهد بدون تنش شوری مشاهده شد. بیشترین تعداد گل در گیاهان تیمار شده با ملاتونین ۱۰۰ میکرو مولار تحت شوری صفر، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد که نسبت به شاهد ۵۰ درصد افزایش تعداد گل نشان دادند. بیشترین حجم ریشه در گیاهان تیمار شده با ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار تحت شوری ۳۰ میلی‌مولار بود. کمترین درصد محتوای نسبی آب گیاه، در شوری ۹۰ بدون کاربرد ملاتونین به‌دست آمد. نشت یونی در تیمار شوری با افزایش میزان غلظت نمک افزایش یافت. بیشترین غلظت یون سدیم در بافت گیاه در تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار بدون کاربرد ملاتونین و کمترین تجمع سدیم در تیمار بدون شوری مشاهده شد. بیشترین غلظت عنصر پتاسیم در شوری ۵۰ میکرومولار ملاتونین تحت شوری ۳۰ میلی‌مولار ثبت شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده کاربرد ملاتونین برای کاهش آسیب به گیاه بنفشه در شرایط تنش شوری پیشنهاد می‌شود. کاربرد ملاتونین در شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار در مقایسه با شوری ۹۰ میلی‌مولار بهتر عمل کرد و توانست صفات رشدی و فیزیولوژیکی گیاه را بهبود دهد. بنابراین براساس نتایج به‌دست‌آمده استفاده از ملاتونین ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار برای گیاه بنفشه درشرایط تنش شوری به‌ویژه در شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پرولین، سدیم، گلدهی، گیاه زینتی

مقدمه

بنفشه یکی از زیباترین گونه‌های گیاهان گل‌دار بومی مناطق معتدله است. برگ‌های آن به‌صورت سبز مخملی کرک‌دار تا صاف روی ساقه‌های فشرده و کوتاه قرار دارند. گل‌های زیبا و رنگارنگ آن از اواخر زمستان شکوفا می‌شوند (Sychta et al., 2020).

گل‌های فصلی ممکن است درطول رشد و نمو با تنش‌های محیطی مواجه شوند. در بین تنش‌های مختلف، شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌ها است (جوادی و همکاران، ۱۴۰۰). میزان تحمل گیاهان زینتی به نمک به گونه، مرحله رشدی گیاه و سطح تنش بستگی دارد (Guo et al., 2022). شوری باعث کاهش شاخص‌های رشد در انواع مختلف گل‌های زینتی، از جمله مریم‌گلی (Salvia officinalis) و گل اطلسی (Petunia × hybrida) گردیده است (Villarino & Mattson, 2011). شوری رشد گیاه و عملکرد محصولات گیاهی راکاهش می‌دهد و با استمرار تنش مرگ گیاه اتفاق می‌افتد (Khan et al., 2015). پژوهش در تولید گیاهان زینتی فضای آزاد که تحت تاثیر تنش‌های مختلف از جمله شوری قرار می‌گیرند کمک قابل توجهی به تولیدات گیاهی در شرایط نامساعد می‌کند (Zulfiqar et al., 2023). تنش شوری گیاهان را دچار آسیب کرده و افزایش غلظت نمک در بستر کاشت گیاه توانایی گیاه را برای جذب آب کاهش می‌دهد. یون‌های سدیم و کلر به مقدار زیاد جذب گیاه شده و باعث کاهش کارایی فتوسنتز و اختلال در رشد گیاه می‌گردد (Deinlein et al., 2014). همچنین تنش شوری باعث

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایمیل:
۳- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی ومنابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: karimi@sanru.ac.ir

نشت یونی در سلول، کاهش پتانسیل اسمزی، تغذیه نامتعادل گیاه، سمیت یونی و در نهایت مرگ سلول و گیاه را به دنبال دارد(Safdar et al., 2019).

ملاتونین با نام شیمیایی N–استیل ۵ –متوکسی تریپتامین در اعم موجودات زنده یافت می‌شود (Hardeland, 2012). تولید ملاتونین در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است. ملاتونین در کلروپلاست از طریق یکسری واکنش‌های کاتالیز شده از تریپتوفان سنتز می‌شود (Martinez et al., 2018). ملاتونین دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری نسبت به سایر آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی مانند آسکوربات‌ها و توکوفرول‌ها است که ممکن است به توانایی ملاتونین در انتقال مؤثراز طریق بخش‌های مختلف سلولی مربوط باشد (Varghese et al., 2019). پیش تیمار ملاتونین درمقابل تنش شوری می تواند باعث ایجاد مقاومت درگیاهان شده و اثرات منفی حاصل ازتنش راکاهش دهد (چراغی، ۱۴۰۲). ملاتونین سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی را در طول تنش مدیریت می‌کند. عملکرد فتوسنتزی را تقویت کرده و متابولیسم پلی‌آمین‌ها را تحریک می‌کند (Tiwari et al., 2023). در گیاهان مختلف محتوای ملاتونین درونی تحت تاثیر تنش اسمزی افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که ملاتونین قابلیت ضد تنش داشته و سیستم دفاعی گیاه را بهبود می‌بخشد (Li et al., 2019). محلول‌پاشی ملاتونین در فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی برای بهبود مقاومت گیاه به شوری نقش دارد (Kamiab, 2020). استفاده از ملاتونین در گیاه آهار (Zinnia elegans) جذب سدیم را کاهش و در مقابل جذب پتاسیم در برگ‌ها را افزایش داد و اثرات تنش اکسیداتیو ناشی از نمک را در گیاه بهبود بخشید (Zulfiqar et al., 2024).در پژوهشی پاسخ گیاهان شیشه شور (Callistemon citrinus) و بداغ (Viburnum lucidum) به یون‌های NaCl و$CaCl_2$ مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای رشد و تولید زیست‌توده در هر دو گونه، تحت‌تاثیر شوری کاهش یافت.کاهش رشد با محدودیت‌های روزنه‌ای جذب CO_2 و با کاهش محتوای کلروفیل برگ همراه بود (Cirillo et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر که توسط Morsi و همکاران (۲۰۱۸) روی گیاه رزماری تحت‌تنش شوری انجام شد. مشخص شد تنش شوری در رزماری منجر به کاهش ارتفاع و تعداد شاخه در گیاه شده و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در پی داشته است. تنش شوری وخشکی نیز در گل نرگس شهلا (Narsicuss tazetta L.) باعث افزایش میزان پرولین، تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی،کاهش طول وعرض برگ و قطر گل گردید (ناصری مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). طبق تحقیقی تنش شوری به‌طورکلی باعث کاهش خصوصیات مورفولوژیکی رزمینیاتوری (Rosa chinensis var.minima) از جمله کاهش تعداد شاخه، ارتفاع شاخه، تعداد گل و عمر گل گردید. در این پژوهش محلول‌پاشی با تیمار ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار بیشترین اثر را بر میزان غلظت عناصر نیتروژن و پتاسیم نسبت به شاهد داشت. بیشترین میزان پرولین نیز در محلول‌پاشی با تیمار ملاتونین ۱ میکرومولار مشاهده شد (سادات میر طاهری و همکاران، ۱۴۰۰). درگیاه کاملیا (Camellia sinensis) کاربرد ملاتونین گیاه را در برابر آسیب‌های ناشی از تنش‌های غیر زیستی از جمله شوری ازطریق سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن وتنظیم سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی محافظت کرده است (Li et al., 2019). در مطالعه‌ای دیگر کاربرد ملاتونین در گیاه آلاله (Ranunculus asiaticus L.) تحت تنش شوری، صفات رشدی گیاه، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، آماس سلولی و اسیدآمینه پرولین را افزایش داد (Eisa et al., 2023). تیمار ملاتونین باعث افزایش محتوای مواد فنولی وپارامترهای فتوسنتزی در گیاه مریم‌گلی(Salvia officinalis L.) گردید و رشد و عملکرد گیاه نیز افزایش یافت. در این پژوهش ملاتونین یک عامل ضد تنش شوری درگیاه مریم‌گلی معرفی شد (Sheikhalipouret al., 2024). گیاه بنفشه درطول دوره رشد تحت تنش‌های مختلفی ازجمله شوری قرار می‌گیرد (جوادی و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به افزایش میزان شوری آب و خاک در مناطق مختلف کشور، استفاده از ترکیباتی که بتواند سبب تحمل گیاهان به محیط‌های تنش‌زا از جمله شوری شود ضروری به نظر می‌رسد. پژوهش‌های اندکی در خصوص القای مقاومت به شوری در گل‌های فصلی با تیمار ملاتونین صورت گرفته است. هدف ازانجام این پژوهش بررسی گلدهی و برخی از تغییرات مورفوفیزیولوژیکی گیاه بنفشه زینتی با پیش تیمار ملاتونین در برابر تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ای با میانگین دمای ۲ ± ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ – ۶۵٪ واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام گرفت. نشاءهای چهار برگی بنفشه در بستر (کوکوپیت + پرلیت) به نسبت ۱:۱ درگلدان کاشته شد. بعد از سازگاری گیاه (اطمینان از زنده‌مانی گیاه در بستر جدید و مشاهده شادابی گیاه و شروع به ایجاد برگ‌های جدید)، اولین تیمار ملاتونین در ۳ سطح (صفر،۵۰ و۱۰۰ میکرومولار) به‌صورت محلول پاشی برگی انجام شد. تیمار با ملاتونین ۳ مرتبه به فاصله هر ۱۰ روز یک‌بار انجام گرفت. بعدازآخرین تیمارملاتونین،تنش شوری در ۴ سطح (صفر،۳۰،۶۰،۹۰ میلی مولار) به فاصله هر ۷ روز به تعداد ۵ مرتبه انجام شد. به‌منظور اعمال دقیق شوری، هدایت الکتریکی آب خروجی از گلدان، بعد از اعمال شوری بررسی می‌شد. پس از گذشت یک هفته از آخرین اعمال تنش برخی صفات مورفولوژیکی و

فیزیولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد، طول و عرض برگ، تعداد و قطر گل، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل کل و کاروتنوئید، پرولین، نشت یونی، عناصر سدیم و پتاسیم موردبررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری تعداد برگ و تعداد گل با شمارش، ارتفاع گیاه، طول و عرض برگ و قطر گل با استفاده از خط‌کش انجام شد. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام ابتدا قسمت‌های موردنظر گیاه با ترازو وزن شده، در پاکت کاغذی گذاشته شد و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد آون به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت و سپس اقدام به توزین وزن خشک گردید. برای اندازه‌گیری حجم ریشه ابتدا گلدان را در ظرفی از آب قرار داده تا ریشه به‌صورت کامل و به‌راحتی از بستر خارج شود سپس استوانه مدرج با حجم مشخصی آب پر شد و ریشه درون آن شناور گردید و اختلاف سطح آب با استفاده از استوانه مدرج به‌دست آورده شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC) ابتدا نمونه‌ای از برگ توسعه‌یافته و کامل تهیه شده و وزن‌تر آن با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد (برگ‌ها باید سالم و بدون آسیب باشند)، سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار گرفت و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه‌سانتی‌گراد در آون قرار گرفت و وزن خشک هر نمونه اندازه‌گیری گردید. در نهایت با استفاده از رابطه (۱) محتوای نسبی آب به‌دست آمد. درفرمول مربوطه به‌ترتیبFW وزن تر برگ،DW وزن‌خشک برگ وSW وزن اشباع برگ می‌باشد (Sánchez et al., 1998).

$$RWC= (F_W-D_W/S_W-D_W) \quad (۱)$$

سنجش کلروفیل و کاروتنوئید با روشLichtenthaler و Wellburn (۱۹۸۴) بود. برای اندازه‌گیری پرولین نیم گرم بافت گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول سه درصد سولفو سالیسیلیک اسید در هاون با هم مخلوط و کاملاً خرد شد. دو میلی‌لیتر از مایع برداشته شد و دو میلی‌لیتر اسید نین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر استیک اسید به مایع اضافه و مخلوط گردید. این مخلوط در حمام آب گرم قرار داده شد و سپس در حمام آب سرد و با اضافه‌کردن چهار میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط و پس از سرد شدن و رسیدن به دمای اتاق با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان جذب نور در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد (Bates, 1973).

برای ارزیابی میزان نفوذپذیری غشا، از شاخص نشت یونی استفاده شد (Lutts et al., 1996). برای این منظور تعداد شش دیسک برگی ازجوان‌ترین برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته، به‌صورت تصادفی از گیاهان انتخاب و به لوله‌های آزمایش انتقال یافت و حجم مشخصی آب مقطر اضافه گردید. نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و شدت نور کم قرار داده شد. در نهایت میزان نشت یونی محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، نمونه‌های برگ در دمای ۸۰ درجه‌سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک گردیده و به‌صورت پودردرآمدند. پس از تهیه عصاره، پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلایم فتومتر محاسبه گردید(Wahing et al., 1989).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارSAS و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع و خصوصیات برگ گیاه

بر اساس نتایج به‌دست آمده (جدول ۱) ارتفاع و تعداد برگ گیاه تنها تحت‌تاثیر تیمار ملاتونین در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. برهمکنش شوری و ملاتونین بر طول و عرض برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار مشاهده شد. بیشترین تعداد برگ در تیمار ۵۰ ملاتونین ایجاد شد (شکل ۱). بیشترین طول برگ در تیمار ملاتونین ۵۰ میکرومولار بدون تنش شوری ثبت شد، تیمار مذکور تفاوت معنی‌داری با غلظت‌های صفر و ۱۰۰ ملاتونین بدون شوری و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار تحت شوری ۳۰ میلی‌مولار نداشت. عرض برگ در گیاهان تیمار شده با ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار بدون شوری بیشترین بود، این تیمار تفاوت معنی‌داری با غلظت ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین بدون تنش شوری نداشت.

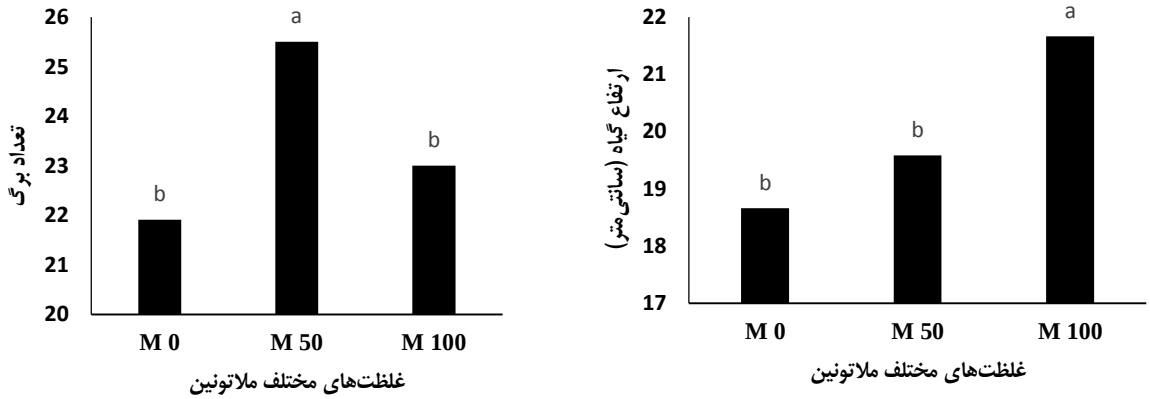
شوری واکنش های زیادی مانند تغییرات مولکولی، بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی درگیاهان ایجاد می‌کند که منجر به کاهش عملکرد وکیفیت محصولات می‌شود (Younessi-Hamzekhanlu et al., 2021). درشرایط تنش شوری، روزنه‌های گیاه بسته شده و به دلیل کاهش تبادلات گازی، میزان فتوسنتز کاهش یافته و رشد ریشه نیز متوقف شده و از این طریق ظرفیت جذب و انتقال آب و عناصر غذایی از خاک به اندام هوایی کاهش می‌یابد (Boorboori, 2023). در نتیجه رشد گیاه کاهش می‌یابد که در پژوهش حاضر نیز ارتفاع گیاه، تعداد، طول و عرض برگ تحت تنش شوری کاهش یافت. اما با پیش تیمار ملاتونین اثرات شوری تعدیل گردید. ملاتونین، به‌عنوان یک عامل سیگنال‌دهی درگیاه باعث افزایش فتوسنتز و رشد گیاه می گردد. در روند رشد و نمو گیاهان، فیتو هورمون‌های مختلفی به‌ویژه اکسین‌ها اثرگذار هستند و ملاتونین به عنوان نوعی ایندول امین مانند اکسین عمل کرده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Nawaz et al., 2021). در پژوهشی استفاده از ملاتونین باعث افزایش ارتفاع گیاه رزماری (Rosmarinus officinalis L.) شد(Mohamadi and Karimi, 2020). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر در پژوهشی ملاتونین درغلظت‌های مختلف بر رشد وفیزیولوژی

گیاه جینکو (Ginkgo biloba L.) اثر گذاشت و رشد شاخه‌ها را افزایش داد (Zhou et al., 2024). مصرف ملاتونین باعث افزایش صفات رشدی گیاه از جمله ارتفاع، تعداد برگ و افزایش رشد ریشه می‌گردد (Alenazi et al., 2024). توانایی ملاتونین در افزایش رشد گیاهان در پژوهش‌های متعددی مورد بررسی قرارگرفته است (Sun et al., 2020). در پژوهش حاضر نیز اثرات مثبت ملاتونین بر رشد و نمو گیاه و کاهش اثرات شوری مشهود بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی خصوصیات بنفشه تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد برگ	طول برگ	عرض برگ	تعداد گل	قطر گل
شوری(A)	۳	۲/۱۰^{ns}	۹/۴۳^{ns}	۹/۱۳**	۳/۰۲**	۰/۳۳*	۱۱/۷۸**
ملاتونین(B)	۲	۲۸/۳۶**	۴۰/۵۲*	۱/۱۷**	۰/۴۲**	۳/۰۸**	۲/۱۱**
A*B	۶	۳/۳۲^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۲۱*	۰/۱۰۸*	۰/۵۲**	۰/۵۶**
خطا	۲۴	۳/۳۳	۷/۴۷	۰/۰۶	۰/۰۴۱	۰/۱۱	۰/۰۸
ضریب تغییرات(٪)		۹/۱۴	۱۱/۶۴	۸/۱۴	۸/۸۰	۱۵/۳۸	۷/۲۶

^{ns} ،* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱- اثر ساده غلظت‌های مختلف ملاتونین (میکرومولار) بر ارتفاع و تعداد برگ گیاه بنفشه

جدول۲- مقایسه میانگین برهمکنش غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی خصوصیات بنفشه تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	ملاتونین (میکرومولار)	طول برگ (سانتی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	تعداد گل	قطر گل (سانتی‌متر)
۰	۰	۴^{ab}	۲/۶۶^{bc}	۲^{bc}	۴/۶۶^{c}
	۵۰	۴/۳۳^{a}	۳^{ab}	۲^{bc}	۵/۱۶^{b}
	۱۰۰	۴^{ab}	۳/۱۶^{a}	۳^{a}	۶/۶۶^{a}
۳۰	۰	۳/۳۳^{cd}	۲/۵۰^{cd}	۱/۳۳^{d}	۴^{de}
	۵۰	۳/۶۶^{bc}	۲/۵۰^{cd}	۱/۶۶^{cd}	۴^{de}
	۱۰۰	۴^{ab}	۲/۵۰^{cd}	۳^{a}	۴/۳۳^{cd}
۶۰	۰	۲/۱۶^{g}	۲/۱۶^{de}	۲/۳۳^{b}	۳/۱۶^{gh}
	۵۰	۲/۶۶^{ef}	۲/۳۳^{cde}	۱/۶۶^{cd}	۳/۵۰^{gf}
	۱۰۰	۳^{de}	۲/۳۳^{cde}	۳^{a}	۳/۶۶^{ef}
۹۰	۰	۱/۵۰^{h}	۱/۱۶^{f}	۲ ^{bc}	۲/۵۰^{i}
	۵۰	۱/۶۶^{h}	۱/۵۰^{f}	۲^{bc}	۳^{h}
	۱۰۰	۲/۵۰^{gf}	۲^{e}	۲^{bc}	۳^{h}

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند

تعداد و قطر گل

اثر ساده شوری و ملاتونین و برهمکنش آن‌ها بر تعداد و قطر گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین تعداد گل (عملکرد) درگیاهان تیمار شده با ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار تحت شوری ۰، ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار مشاهده شد که نسبت به شاهد ۵۰ درصد افزایش تعداد گل نشان دادند. کمترین تعداد گل در گیاهان تیمار نشده با ملاتونین تحت شوری ۳۰ میلی‌مولار ثبت شد. قطر گل در تیمار ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار بدون شوری در حداکثر بود (جدول ۲).

در پژوهش حاضر با کاربرد ملاتونین شاهد افزایش قطر گل نیز بودیم. قطر گل در تیمارهای شوری کاهش یافت اما با کاربرد ملاتونین قطر گل به میزان ۴۲/۹۱ درصد افزایش داشت.

ملاتونین انتقال و توزیع اکسین را تنظیم می‌کند و با افزایش رشد سلولی باعث رشد اندام‌های مختلف می‌شود. مطالعات مختلفی توانایی ملاتونین را در تنظیم رشد اندام‌های گیاه بیان کرده‌اند (Ahmad et al., 2023). در پژوهش حاضر تعداد گل تحت تاثیر شوری کاهش یافت. مطالعات نشان می‌دهد با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی زیاد شده در نتیجه مقداری از انرژی گیاه صرف جذب آب از خاک می‌شود بدین ترتیب این عمل باعث کاهش جذب آب، افزایش تنفس و کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (Hawrylak – Nowak et al., 2019). مطالعات نشان داد ملاتونین تعداد گل را نیز افزایش می‌دهد (Byeon and Back, 2014). به‌طوری‌که درپ ژوهش حاضر نیز تعداد گل با کاربرد ملاتونین در تیمار بدون شوری وحتی تحت تنش شوری افزایش یافته و ملاتونین توانسته با اثر برتنش شوری و تعدیل اثرات منفی آن، عملکرد را بهبود ببخشد. بر اساس یافته‌های پژوهشی بیشترین تعداد گل، اندازه وکیفیت گل باغلظت‌های مختلف ملاتونین در گل میمون (Antirrhinum majus) به‌دست آمد (Xiang et al., 2020).

جدول۳- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی خصوصیات بنفشه تحت تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر قسمت هوایی	وزن خشک قسمت هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	محتوای نسبی آب برگ
شوری(A)	۳	۷۵/۲۰**	۳/۸۲**	۱۷۲**	۷/۶۶**	۵۶/۴۸**	۱۳۴۷/۶۷**
ملاتونین(B)	۲	۳/۴۳**	۰/۰۹**	۲/۹۴**	۰/۳۹**	۳۵۴/۸۶**	۸۷/۹۲**
A*B	۶	۱/۹۵**	۰/۱۱**	۱/۹۴**	۰/۳۹**	۵۳**	۱۵/۱۹**
خطا	۲۴	۰/۱۳	۰/۰۰۵۹	۰/۱۹	۰/۰۴	۱/۳۸	۰/۸۰
ضریبت غییرات(٪)		۸/۸۵	۷/۳۲	۶/۴۵	۱۴/۹۳	۷/۱۹	۱/۲۷

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

زیست‌توده گیاه و حجم ریشه

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر ساده شوری و ملاتونین و برهمکنش آن‌ها بر زیست‌توده تر و خشک گیاه در قسمت اندام هوایی و اندام زیرزمینی و حجم ریشه گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین زیست‌توده قسمت هوایی و ریشه به‌ترتیب در تیمار ملاتونین ۱۰۰ میکرمولار و ۵۰ میکرومولار بدون شوری به‌دست آمد. زیست‌توده با افزایش شوری روند کاهشی نشان داد. بیشترین حجم ریشه در گیاهان تیمار شده با ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار تحت شوری ۳۰ میلی‌مولار ثبت شد (جدول ۴).

شوری می‌تواند بر زیست توده گیاه و حجم ریشه اثرات منفی داشته باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که زیست‌توده تر و خشک کل گیاه (قسمت هوایی + ریشه) با اعمال تنش شوری روند نزولی و با پیش تیمار ملاتونین روند صعودی داشته است و اگرچه شوری در ابتدا حجم ریشه را افزایش داد، اما با افزایش شوری، میزان این صفت کاهش یافت و ریشه گیاه به‌وسیله آبیاری با آب شور در غلظت‌های بالای شوری کاهش حجم نشان داد. کاهش وزن تر وخشک گیاه به‌علت کاهش فعالیت‌های زیستی سلولی مانند فتوسنتز و تنفس که خود به علت تجمع نمک و تنش اسمزی است اتفاق می‌افتد (Farsaraei et al., 2020). پژوهشگران اشاره کردندکه تیمار ملاتونین منجر به کاهش اثرات شوری بر فتوسنتز و زیست‌توده می‌شود به این دلیل که ملاتونین نقش مهمی در فتوسنتز و محافظت از اکسیداسیون نوری داشته که می‌تواند افزایش وزن و زیست‌توده در بنفشه راتوضیح دهد (Li et al., 2019).

محتوای نسبی آب

محتوای نسبی آب برگ نیز در سطح احتمال یک درصد تحت‌تاثیر اثرات ساده و برهمکنش تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین درصد محتوای نسبی آب برگ در تیمار ملاتونین ۵۰

میکرومولار بدون شوری و کمترین درصد نیز در تیمار شوری ۹۰ بدون کاربرد ملاتونین به‌دست آمد (جدول ۴). محتوای نسبی آب یک پارامتر فیزیولوژیکی حیاتی برای وضعیت آب است. دراین پژوهش، محتوای نسبی آب توسط تنش شوری کاهش یافت که می‌تواند به علت اثر منفی شوری بر جذب آب باشد. نتایج نشان داد که تیمار ملاتونین باعث افزایش محتوای نسبی آب شد. برخی از پژوهشگران نیز گزارش کردند که کاربرد ملاتونین محتوای نسبی آب را تحت تنش شوری افزایش داده است (EL-Bauome et al., 2022).

جدول٤- مقایسه میانگین برهمکنش غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی خصوصیات بنفشه تحت تنش شوری

شوری (میلی‌مولار)	ملاتونین (میکرومولار)	وزن تر قسمت هوایی (گرم)	وزن خشک قسمت هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌مترمکعب)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
	۰	۶/۱۰ c	۱/۴۶ c	۱۰/۱۶ c	۱/۸۷ c	۱۰ e	۸۲/۹۷ c
۰	۵۰	۷/۱۰ b	۱/۷۸ b	۱۲/۸۳ a	۳/۲۴ a	۱۵ d	۸۸/۹۰ a
	۱۰۰	۹/۲۳ a	۲/۱۷ a	۱۱/۹۶ b	۲/۳۱ b	۲۳/۳۳ b	۸۵/۰۵ b
	۰	۴/۳۳ de	۱/۱۰ e	۷/۲۰ e	۱/۳۶ de	۱۰ e	۶۸/۵۲ f
۳۰	۵۰	۴/۹۳ d	۱/۲۷ d	۸/۱۰ d	۱/۵۱ d	۲۰ c	۷۳/۴۶ e
	۱۰۰	۵/۶۳ c	۱/۱۳ e	۸/۷۰ d	۱/۵۷ cd	۳۰ a	۷۷/۰۶ d
	۰	۳/۴۳ f	۰/۹۵ f	۵/۹۶ g	۱/۰۸ e	۱۰ e	۶۳/۹۱ h
۶۰	۵۰	۳/۵۳ f	۱/۰۱ ef	۶/۲۳ gf	۱/۱۵ e	۱۵ d	۶۶/۳۴ g
	۱۰۰	۳/۷۶ ef	۱/۰۶ ef	۶/۸۳ ef	۱/۲۷ de	۱۵ d	۶۶/۹۴ g
	۰	۰/۸۳ g	۰/۳۰ g	۱/۷۰ h	۰/۳۶ f	۱۵ d	۵۳/۶۲ k
۹۰	۵۰	۰/۵۳ g	۰/۲۳ gh	۱/۱۰ hi	۰/۲۲ f	۱۳/۳۳ d	۵۵/۴۷ j
	۱۰۰	۰/۲۶ g	۰/۱۳ h	۰/۶۰ i	۰/۱۳ f	۱۵ d	۶۰/۹۳ i

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند

جدول۵- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی خصوصیات بنفشه تحت تنش شوری

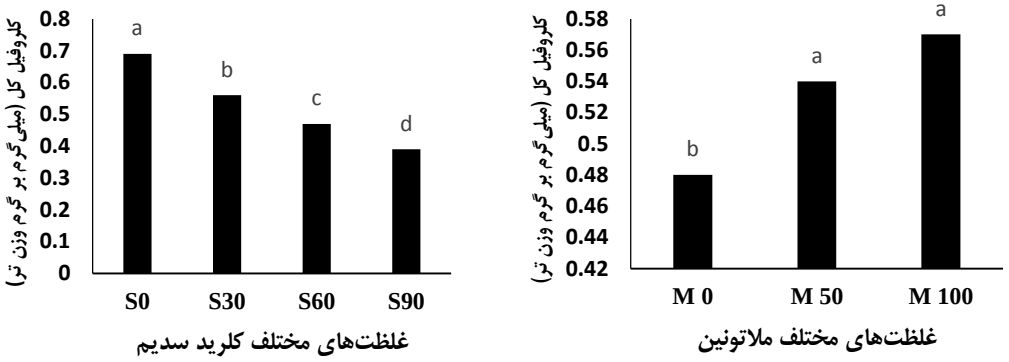
منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پرولین	نشت یونی	عنصر سدیم	عنصر پتاسیم
شوری (A)	۳	۰/۱۵**	۰/۳۹**	۵۳۸/۰۹**	۴۱۲۵۴/۶۴**	۰/۰۴*	۰/۳۲**
ملاتونین (B)	۲	۰/۰۲**	۰/۰۴**	۱۸/۲۷**	۵۱۱۸/۳۵**	۰/۰۴*	۰/۱۴**
A*B	۶	۰/۰۰۵۹ns	۰/۰۲*	۱۲۶/۷۸**	۵۷/۶۸ns	۰/۰۲*	۰/۱۶**
خطا	۲۴	۰/۰۰۴۳	۰/۰۰۷۶	۰/۱۶	۴۵/۳۵	۰/۰۰۹۷	۰/۰۱
ضریب تغییرات(٪)		۱۲/۳۴	۱۰/۶۹	۲/۱۹	۳/۵۸	۲۹/۳۵	۷/۶۴

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

میزان کلروفیل و کارتنوئید

جدول تجزیه واریانس (۵) نشان داد اثر ساده تیمارها بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین میزان کلروفیل (۰/۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار و کمترین کلروفیل (۰/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار اتفاق افتاد (شکل ۲). برهمکنش تیمار شوری و ملاتونین در سطح احتمال پنج و یک درصد میزان کاروتنوئید را تحت‌تاثیر قرار داد (جدول ۵). بیشترین میزان کاروتنوئید با میزان ۱/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در تیمار ملاتونین ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار بدون شوری و کمترین مقدار در تیمار شوری ۹۰ میلی‌مولار حاصل شد (جدول ۶). مقدار کلروفیل و رنگیزه‌های فتوسنتزی از مهم ترین عوامل مؤثر درظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستندکه به‌طور غیرمستقیم نیز بر تولید زیست توده تأثیر دارند. بیان شده که افزایش غلظت نمک کلرید سدیم در محیط کشت گیاه، موجب کاهش میزان کلروفیل شده و با افزایش زمان تنش، کاهش رنگیزه‌ها بیشتر شد (قاسمی و کافی، ۱۳۹۰). کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در اثر تنش شوری می‌تواند به‌علت تخریب کلروپلاست و کاهش تعداد کلروپلاست باشد. در شرایط تنش شوری گونه‌های فعال

اکسیژنی و افزایش فعالیت کلروفیلاز رنگیزه‌های فتوسنتزی را کاهش می‌دهند (Sharma et al., 2019). ملاتونین می‌تواند سنتز رنگدانه را با بهبود بیوسنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها تحریک کند (Yang et al., 2022).در پژوهشی تیمار ملاتونین روی گیاه رزماری (Rosmarinus officinalis) تحت تنش شوری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش داد (کریمی و محمدی، ۱۳۹۸).



شکل ۲- اثر ساده غلظت‌های مختلف ملاتونین (میکرومولار) و کلرید سدیم (میلی مولار) بر میزان کلروفیل کل در گیاه بنفشه

میزان نشت یونی و پرولین

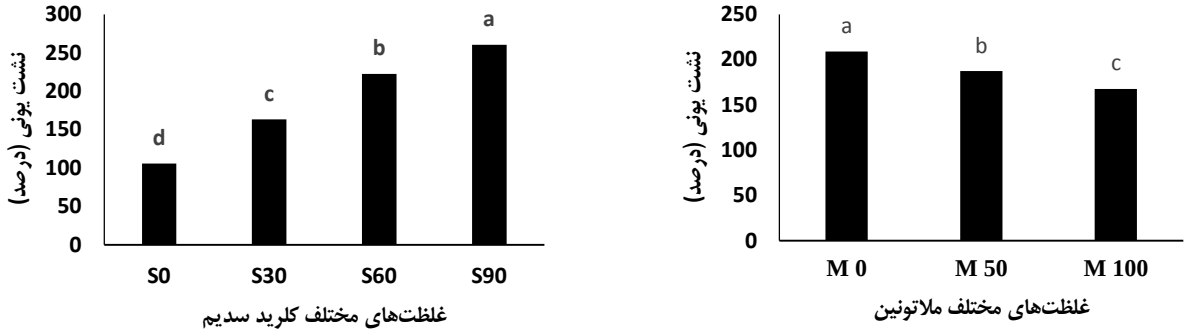
طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) برهمکنش تیمار شوری و ملاتونین، پرولین را تحت‌تاثیر قرار داد. بیشترین میزان اسیدآمینه پرولین در تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار به همراه ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار به دست آمد (جدول ۶). نشت یونی تحت تاثیر برهمکنش تیمارها قرار نگرفت و اثر ساده تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر نشت یونی مؤثر واقع شد. کمترین نشت یونی در تیمار ملاتونین ۱۰۰ بدون شوری بود. نشت یونی در تیمار شوری با افزایش میزان غلظت نمک افزایش یافت (شکل ۳).

شوری بر غشای سلول گیاهان تأثیر می‌گذارد و باعث اختلال در ثبات غشا و افزایش نفوذپذیری نشت یون‌ها به خارج از سلول می‌شود (EL-Bauome et al., 2024). با افزایش تنش شوری افزایش نشت یونی در گیاهان مشاهده می‌شود. پژوهشگران نشان دادند که کاربرد ملاتونین باعث تعدیل اثرات شوری از جمله کاهش نشت یونی سلول می‌گردد (Zulfiqar et al., 2024). ملاتونین با تأثیر مستقیم بر تنظیم اسمزی سلول گیاهی و یا با استفاده از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی خود برای از بین بردن رادیکال‌های آزاد سلولی و مانع شدن در پراکسیداسیون لیپیدی غشاء، نشت یونی را کاهش می‌دهد (Cui et al., 2017).

در شرایط تنش با افزایش پرولین گیاه برای حفظ آب درون سلولی روزنه‌های خود را بسته و بنابراین میزان فتوسنتز و به دنبال آن رشد گیاه کاهش پیدا می‌کند (Mohammadi et al., 2021). تجمع اسمولیت‌ها یک راهکار مؤثر برای مقابله با تنش شوری در گیاهان است (Liu et al., 2020). مطالعات نشان می‌دهد پرولین رایج‌ترین اسمولیت سازگار درون‌زا است که تحت تنش‌های مختلف از جمله شوری تجمع پیدا می‌کند و باعث حفظ ساختار سلول و تنظیم اسمزی می‌شود (El Moukhtari et al., 2020). پرولین با داشتن حلالیت بالا در آب موجب حفظ پتانسیل اسمزی سلول و خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌گردد (Hayat et al., 2012).در پژوهش حاضر، ملاتونین محتوای پرولین را افزایش داد. ملاتونین اثر مثبتی بر انباشت پرولین درگیاه میخک صد پر (Syzygium aromaticum) و قرنفل (Dianthus barbatus L.) تحت تنش شوری داشت. نقش ملاتونین در افزایش پرولین به‌علت نقش آن در حفظ آب سلول و محافظت از غشاء و پروتئین و خواص آنتی‌اکسیدانی آن می‌باشد (Turk et al., 2014).

عناصر سدیم و پتاسیم

برهمکنش شوری و ملاتونین بر میزان عنصر سدیم و پتاسیم معنی‌دار شد (جدول ۵). بیشترین غلظت یون سدیم در بافت گیاه در تیمار شوری ۶۰ میلی‌مولار بدون کاربرد ملاتونین و کمترین تجمع سدیم در تیمار بدون شوری مشاهده شد. بیشترین غلظت عنصر پتاسیم در تیمار شوری ۳۰ میلی‌مولار + ملاتونین ۵۰ میکرومولار بود به طوری که سایر تیمارها در غلظت پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشتند.



شکل ۳- اثر ساده غلظت‌های مختلف ملاتونین (میکرومولار) و کلرید سدیم (میلی‌مولار) بر میزان نشت یونی در گیاه بنفشه

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش غلظت‌های مختلف ملاتونین بر برخی خصوصیات بنفشه تحت تنش شوری

شوری (میلی مولار)	ملاتونین (میکرومولار)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میکرومول بر گرم بافت تر)	عنصر سدیم (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)	عنصر پتاسیم (میلی‌گرم در گرم ماده خشک)
۰	۰	۰/۸۹ ^{b}	۱۰/۶۲^{h}	۰/۲۰^{d}	۱/۵۱^{c}
	۵۰	۱/۱۷ ^{a}	۸/۱۳^{i}	۰/۲۰^{d}	۱/۸۲ ^{b}
	۱۰۰	۱/۱۷^{a}	۶/۸۱^{j}	۰/۲۳^{d}	۱/۴۴ ^{c}
۳۰	۰	۰/۸۶^{b}	۱۵/۱۶^{f}	۰/۴^{abc}	۱/۳۸^{c}
	۵۰	۰/۸۵^{b}	۱۴/۷۷^{f}	۰/۳۰^{bcd}	۲/۱۶^{a}
	۱۰۰	۰/۸۳^{b}	۲۵/۹۷^{b}	۰/۴۶^{ab}	۱/۸۸^{b}
۶۰	۰	۰/۷۷^{bcd}	۲۴/۲۷^{c}	۰/۴۹^{a}	۱/۴۹^{c}
	۵۰	۰/۷۵ ^{bc}	۲۲/۹۹^{d}	۰/۲۶^{cd}	۱/۳۶^{c}
	۱۰۰	۰/۷۷ ^{bc}	۳۴/۷۸^{a}	۰/۳۶ ^{abcd}	۱/۴۴^{c}
۹۰	۰	۰/۴۵^{e}	۲۰/۹۴^{e}	۰/۳۰^{abc}	۱/۴۵ ^{c}
	۵۰	۰/۶۱^{d}	۲۵/۸۴^{b}	۰/۳۴ ^{abcd}	۱/۳۴^{c}
	۱۰۰	۰/۶۵^{cd}	۱۲/۳۲^{g}	۰/۴۶^{ab}	۱/۳۹^{c}

در هر ستون اعداد با حروف مشابه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند

افزایش غلظت نمک باعث جذب آب کمتری توسط گیاه می‌گردد و در مقابل یون‌های سدیم و کلر به مقدار زیاد جذب شده و باعث اختلال در فرآیندهای متابولیکی گیاه شده و بر رشد گیاه تأثیر منفی دارد (Deinlein et al., 2014). بررسی نتایج پژوهش حاضر نشان داد با افزایش غلظت نمک در آب آبیاری میزان پتاسیم در برگ گیاه روندکاهشی نشان داد. پتاسیم یک عنصر ضروری برای رشد و نمو گیاه است که کاهش آن در شرایط شور مشاهده شده است درحالی‌که میزان سدیم با افزایش میزان شوری افزایش یافت. افزایش درمیزان سدیم وکاهش پتاسیم در برگ گیاه در تنش شوری توسط پژوهش‌های مختلفی بررسی و تأیید شده است (Chen et al., 2018). در پژوهش حاضر با کاربرد ملاتونین گیاهان توانستند با اثرات مخرب شوری مقابله کنند. مکانیسم عمل ملاتونین به‌گونه‌ای است که جذب سدیم را کاهش داده و جذب پتاسیم را در برگ‌های گیاه بهبود می بخشد و بدین ترتیب اثرات شوری برگیاه تعدیل می‌گردد (Zulfiqar et al., 2024).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق روی گیاه زینتی بنفشه نشان داد که تنش شوری باعث کاهش صفات رشدی گیاه شد، اما کاربرد ملاتونین توانست مقاومت گیاه بنفشه را در برابر تنش شوری افزایش دهد. افزایش تعداد گل در گیاهان تحت شوری که با ملاتونین تیمار شده بودند مشاهده شد. کاربرد ملاتونین در شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار در

مقایسه با شوری ۹۰ میلی‌مولار بهتر عمل کرد و تواست صفات رشدی و فیزیولوژیکی را بهبود دهد. اساس نتایج به‌دست‌آمده استفاده از ملاتونین ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار برای گیاه بنفشه در شرایط تنش شوری به‌ویژه در شوری ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار قابل توصیه است. بنابراین ملاتونین می‌تواند به‌عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی در مقابل تنش شوری عمل کند. ملاتونین بهبود قابل ملاحظه‌ای در رشد و توسعه گیاهان بنفشه تحت شوری اعمال کرد و باعث افزایش تولیدگل شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، استفاده ازملاتونین به‌عنوان پیش تیمار برای افزایش مقاومت گیاهان در مقابل تنش شوری پیشنهاد می‌شود.

منابع

جوادی، ف.، کلاته جاری، س.، دیانت، م. و عسگری، ف. ۱۴۰۰. اثر روش‌های کاربرد سلنات سدیم بر بنفشه زینتی (Viola wittrickiana cv. Queen Yellow Bee) در شرایط تنش شوری. فرایند و کارکرد گیاهی، ۱۰ (۴۲): ۲۲۸-۲۱۱.

چراغی، م.، حاتم نیا، ع. و قنبری، ف. ۱۴۰۲. اثرات تنش شوری در گل همیشه‌بهار(Calendula officinalisL.) کاربرد خارجی ملاتونین. فرایند و کارکرد گیاهی، ۱۲: ۳۷-۲۱.

سادات میر طاهری، ح.، کلاته جاری، س.، متشرع‌زاده، ب. و فاتحی، ف. ۱۴۰۰. بررسی اثر اسیدآسکوربیک وملاتونین برخصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و تحمل به شوری در رز مینیاتوری (Rosa chinensis var.minima). تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۲(۳): ۶۶۵-۶۵۲.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. ۱۳۹۰. گلکاری علمی و عملی. جلد اول. انتشارات گلبن.

کریمی، م.و محمدی، م.۱۳۹۸. تأثیر ملاتونین برونزا بر رشد، نشت الکترولیت و فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی در رزماری(Rosmarinusofficinalis L.) تحت تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹(۳۷):۵۹-۶۶.

ناصری مقدم،ع.، بیات، ح.،امینی‌فرد، م. ح.، ومرادی نژاد، ف. ۱۳۹۹.تأثیرتنش‌های خشکی وشوری بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل نرگس(Narsicuss tazetta L.). علوم باغبانی ایران. ۵۱(۱): ۷۹-۹۰.

Ahmad, I., Song, X., Hussein Ibrahim, ME., Jamal, Y., Younas, MU., Zhu, G., Zhou, G. and Adam Ali, AY .2023. The role of melatonin in plant growth and metabolism, and its interplay with nitric oxide and auxin in plants under different types of abiotic stress. Frontiers in Plant Science. 14:1108507.

Alenazi, M.M.; El-Ebidy, A.M.; El-shehaby, O.A.; Seleiman, M.F.; Aldhuwaib, K.J. and Abdel-Aziz, H.M.M. 2024. Chitosan and Chitosan Nanoparticles Differentially Alleviate Salinity Stress in Phaseolus vulgaris L. Plants. Plants. 13: 398.

Boorboori, M. R. 2023. Investigating the role of silicon in reducing the risk of arsenic, cadmium, drought and salinity stresses in wheat (Triticum aestivum L.). Journal of Crop Science and Biotechnology. 26: 387-404. https://doi.org/10.1007/s12892-022-00191-z.

Chen, G., Liu, C., Gao, Z., Zhang, Y., Zhang, A., Zhu, L., et al. 2018. Variation in the abundance of oshaki transcript underlies the differential salinity tolerance of an indica and a japonica rice cultivar. Frontiers in Plant Science. 8: 2216

Cirillo, C., De Micco, V., Arena, C., Carillo, P., Pannico, A., De Pascale, S. and Rouphael Y. 2019.Biochemical, Physiological and Anatomical Mechanisms of Adaptation of Callistemon citrinus and Viburnum lucidum to NaCl and $CaCl_2$ Salinization. Frontiers in Plant Science. 10:742.

Cui, G., Zhao, X., Liu, S., Sun, F., Zhang, C., Xi, Y. 2017. Beneficial effects of melatonin in overcoming drought stress in wheat seedlings. Plant Physiology and Biochemistry.118:138-149.

Deinlein, U., Stephan, AB., Horie, T., Luo, W., Xu, G.andSchroeder, J. I. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. Trends in Plant Science. 19(6):371-9.

Eisa, E.A.; Honfi, P.; Tilly-Mándy, A. and Mirmazloum, I.2023.Exogenous Melatonin ApplicationInduced Morpho-Physiological andBiochemical Regulations ConferringSalt Tolerance in Ranunculus asiaticusL. Horticulturae. 9: 228.

EL Moukhtari, A., Cabassa-hourton, C., Farssi, M. andSavoure, A. 2020. How Does Proline Treatment Promote Salt Stress Tolerance During Crop Plant Development? Frontiers in Plant Science. 11:1-16.

EL-bauome, H. A., Doklega, S. M., Saleh, S. A., Mohamed, A. S., Suliman, A.A.and EL-hady, M. A. M. A. 2024. Effects of melatonin on lettuce plant growth, antioxidant enzymes and photosynthetic pigments under salinity stress conditions. Folia Horticulturae. 36 (1): 1-17.

EL-Bauome, H.A.; Abdeldaym, E.A.; Abd El-Hady, M.A.; Darwish, D.B.E.; Alsubeie, M.S.; El-Mogy, M.M.; Basahi, M.A.; AlQahtani, S.M.; Al-Harbi, N.A. and Alzuaibr, F.M. 2022. Exogenous Proline, Methionine, and Melatonin Stimulate Growth, Quality, and Drought Tolerance in Cauliflower Plants. Agriculture.12:1301.

Farsaraei, S., Moghaddam, M. and Pirbalouti, A.G. 2020. Changes in growth and essential oil composition of sweet basil in response of salinity

A review: Impact of salinity on plant growth. Natural sciences. 17: 34-40.

Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Ramakrishnan, M., Sidhu, G. P. S., Bali, A. S. and Zheng, B. 2019. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. Journal of Plant Growth Regulation. 1-23.

Sheikhalipour, M, Kulak, M, Mohammadi, S.A, Esmaielpour, B, Nouraein, M, t ZekiKocak, M, Farajzadeh, S.M, Gohari, Gh, Fotopoulos, V, Vita, F. 2024. Foliar application of either melatonin or sodium nitroprusside regulates the antioxidant status, and the morpho-physiological attributes and essential oil production in sage (Salvia officinalis L.) under salinity stress. Scientia Horticulturae. 323:112526.

Sun, Y.-D., Guo, D.-L., Yang, S.-D., Zhang, H.-C., Wang, L.L. and Yu, Y.-H. 2020. Melatonin treatment improves the shelf life and postharvest quality of table grape (Vitis labrusca l. cv. Fengzao). Journal of Berry Research. 10: 665–676.

Sychta, K., Słomka, A. and Kuta, E. 2020. Garden pansy (Viola × wittrockiana Gams.) – A good candidate for the revitalisation of polluted areas. Plant, Soil and Environment. 66 (6): 272–280.

Tiwari, R. K., Kumar, R., Lal, M. K., Kumar, A., Altaf, M. A., Devi, R., Mangal, V., Naz, S., Altaf, M. M. & DEY, A. 2023. Melatonin-polyamine interplay in the regulation of stress responses in plants. Journal of Plant Growth Regulation. 42:4834-4850.

Turk, H., Erdal, S., Genisel, M., Atici, O., Demir, Y.and Yanmis, D. 2014. Theregulatory effect of melatonin on physiological, biochemical and molecular parameters in cold-stressed wheat seedlings. Plant Growth Regulation. 74(2): 139-152.

Varghese, N., Alyammahi, O., Nasreddine, S., Alhassani, A., & Gururani, M. A. 2019. Melatonin Positively Influences the Photosynthetic Machinery and Antioxidant System of Avena sativa during Salinity Stress. Plants. 8(12): 610.

Villarino, G. H., & Mattson, N. S. 2011. Assessing tolerance to sodium chloride salinity in fourteen floriculture species. HortTechnology. 21:539-545.

Wahing, I.W., Van, V.J.G., Houba, J.J., Van der, L. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant analysis procedure. Wageningen Agriculture University.

Xiang, D., Nguyen Ch., Felter Liz. Clark D., Huo H. 2020. The effects of preharvest LED light, melatonin and AVG treatments on the quality of postharvest snapdragon and vase life. Journal of Floriculture and Landscaping. 6: 14-19.

Yang, X., Han, Y., Hao, J., Qin, X., Liu, C., and Fan, S. 2022. Exogenous spermidine enhances the stress and superabsorbents application. Scientia Horticulturae.271: 109465. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109465.

Guo, J., Shan, C., Zhang, Y., Wang, X., Tian, H., Han, G. and Wang, B. 2022. Mechanisms of salt tolerance and molecular breeding of salt-tolerant ornamental plants. Frontiers in Plant Science. 13: 854116.

Hawrylak -Nowak, B., Rubinowska, K., Molas, J., Woch, W., Matrasses -Gawron, R. and Szczurowska, A. 2019. Selenium -induced improvements in the ornamental value and salt stress resistance of Plectra thus scutellarioides (L.) R. Br. Folia Horticulture. 31:213 -221.

Hayat , S ., Hayat , Q ., Alyemeni , M. N ., Wani , A.S., Pichtel , J. and Ahmad, A. 2012. Role of proline under changing environments: A review. Plant Signaling and Behavior. 7: 1456 -1466.

Kamiab, F. Exogenous melatonin mitigates the salinity damages and improves the growth of pistachio under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 43: 1468–1484.

Li, J., Liu, J., Zhu, T., Zhao, C., Li, L. and Chen, M. 2019. The role of melatonin in salt stress responses. International journal of molecular sciences. 20:1735.

Li, J.; Yang, Y.; Sun, K.; Chen, Y.; Chen, X. and Li, X. 2019. Exogenous melatonin enhances cold, salt and drought stress tolerance by improving antioxidant defense in tea plant (Camellia sinensis (L.) O. Kuntze). Molecules. 24: 1826.

Liu, L.; Liu, D.; Wang, Z.; Zou, C.; Wang, B.; Zhang, H.; Gai, Z.; Zhang, P.; Wang, Y. and Li, C. 2020. Exogenous melatonin improves the salt tolerance of sugar beet by increasing putrescine metabolism and antioxidant activities. Plant Physiology and Biochemistry. 154:699–713.

Martinez, V., Nieves-Cordones, M., Lopez-Delacalle, M., Rodenas, R., Mestre, T. C., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F., Nortes, P. A., Mittler, R. and Rivero, R.M. 2018. Tolerance to stress combination in tomato plants: New insights in the protective role of melatonin. Molecules. 23(3): 535.

Mohammadi, M., Aelaei, M. and Saidi, M.2021. Pre-harvest spray of GABA and spermine delays postharvest senescence and alleviates chilling injury of gerbera cut flowers during cold storage. Scientific Reports. 11: 14166. https://doi.org/10.1038/s41598-021-93377-4.

Morsi, M.M., Abdelmigid, H.M., and Aljoudi, N.G.S. 2018. Exogenous Salicylic Acid Ameliorates the Adverse Effects of Salt Stress on Antioxidant System in Rosmarinus officinalis L. Egyptian Journal of Botany. 58 (2): 249 – 263.

Safdar, H., Amin, A., Shafiq, Y., Ali, A., Yasin, R., Shoukat, A., Hussan, M. U. and Sarwar, M. I. 2019.

Ahmed, T., Jalil, S., Al-Ashkar, I. and El Sabagh, A. 2024. Melatonin seed priming improves growth and physio-biochemical aspects of Zinnia elegans under salt stress, Scientia Horticulturae. 323:112495.

Zulfiqar, F., Moosa, A., Ali, H. M., Ferrante, A., Nazir, M. M., Makhzoum, A. and Soliman, T.M.A. 2023. Preharvest melatonin application mitigates arsenic-induced oxidative stress and improves vase life of tuberose (Polianthes tuberosa L.) cut flowers. South African Journal of Botany. 163:330-337.

Zulfiqr, F., Moosa, A., Ferrnte, A., Darras, A., Ahmed, T., Jalil, S., AL-Ashkar, I. and Sabagh, A.E. 2024. Melatonin seed priming improves growth and physio-biochemical aspects of Zinnia elegans under salt stress. Scientia Horticulturae. 323: 112495.

photosynthesis and ultrastructure of lettuce seedlings under high-temperature stress. Scientia Horticulture. 291:110570.

Younessi-Hamzekhanlu, M., Dibazarnia, Z., Oustan, S., Vinson, T., Katam, R. and Mahna, N. 2021. Salinity stimulates biochemical activities and metabolites associated with anticancer activities in Black horehound (Ballota nigra L.). Agronomy. 11: 2538. https://doi.org/10.3390/agronomy11122538.

Zahedi, S., Hosseini, M., Abadía, M. S., J. and Marjani, M. 2020. Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (Fragaria× ananassa Dutch.). Plant Physiology and Biochemistry. 149: 313-323.

Zulfiqar, F., Moosa, A., Ferrante, A., Darras, A.,

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.3, Vol. 18, Aug.-Sep. 2024, p. 465-476

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۸، مرداد - شهریور ۱۴۰۳، ص. ۴۷۶-۴۶۵

The Effectof Salt Water Stress and Melatonin on Flowering and Some Morphophysiological Traits of Viola ×Wittrockiana

S. Eskandari cherati[1], **M. Karimi** [*2], **F. Ghorbanalizade**[3]
Recived: May.21, 2024 Accepted: Jul.07, 2024

Abstract

Violet is an annual ornamental plant that is widely used in urban green spaces. The aim of this study was to investigate the role of melatonin in reducing salinity stress in violet. The factors included melatonin at three levels (0, 50 and 100 µM) and salinity stress at four levels (0, 60, 30 and 90 mM). According to the obtained results, The highest plant height was observed in the treatment of 100 µM melatonin with an increase of 16.07% compared to the control without salt stress.The highest number of flowers was recorded in plants treated with 100 µM melatonin under 0, 30 and 60 mM salinitywhich showed a 50% increase in the number of flowers.The maximum root volume was in 100 µM melatonin under 30 mM salinity. The lowest percentage of relative plant water content was obtained at 90 mM salinity without the use of melatonin. Ionic leakage in salinity increased with increasing salt concentration. The highest sodium ion concentration of the plant was observed in the 60 mM salinity treatment without the use of melatonin, and the lowest sodium accumulation was observed in the no salinity treatment. The highest concentration of potassium element in salinity was recorded at 50 µM melatonin under 30 mM salinity. According to the obtained results, the use of melatonin is suggested to reduce damage to the violet plant under salt stress conditions.

Keywords: Antioxidants, Flowering, Ornamental plant, Proline, Sodium

1.- Master's student, Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Associate prof., Department of Horticultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3.- Ph.D student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: karimi@sanru.ac.ir)