اثر ملاتونین و هیدروپرایمینگ بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک بذر و گیاهچه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری

معصومه آزادبخت، حمیدرضا بلوچی*، محسن موحدی دهنوی و علی مرادی
گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۸، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۵/۲۲)

چکیده

ملاتونین (N استیل-۵- متوکسی‌تریپتامین) به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاه، ترکیبی طبیعی است که در انواع زیادی از گونه‌های گیاهی در ریشه، برگ، میوه و دانه شناسایی شده است. به‌منظور بررسی اثر ملاتونین بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک بذر و گیاهچه نخود (رقم آرمان) تحت تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹٦ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ملاتونین در غلظت‌های بدون پرایم، صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میکرومولار به عنوان فاکتور اول و سطوح مختلف شوری شامل صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید به‌عنوان فاکتور دوم بود. نتایج نشان داد که در سطوح تنش شوری ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌مولار، ملاتونین با غلظت ۱۰۰ میکرومولار، باعث افزایش میزان پرولین گیاهچه گردید. در شرایط عدم‌تنش پرایمینگ با غلظت‌های ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین میزان پتاسیم گیاهچه را افزایش داد. همچنین در تنش ۱۰۰ میلی‌مولار شوری پرایمینگ با غلظت‌های ۵۰ و ۷۵ میکرومولار ملاتونین باعث افزایش میزان پتاسیم در گیاهچه شد. پرایمینگ با غلظت ۷۵ و ۲۵ میکرومولار ملاتونین به‌ترتیب در سطوح تنش شوری ۱۰۰ و ۷۵ میلی‌مولار باعث کاهش میزان سدیم گیاهچه شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که نخود در مرحله جوانه‌زنی تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری را تحمل نموده و کاربرد ملاتونین در این مرحله به دلیل تحمل به شوری تأثیر زیادی بر شاخص‌های فیزیولوژیک بذر نداشته است و تنها هیدروپرایمینگ در این شرایط نسبت به شاهد بدون پرایم با کمک به جذب آب توسط گیاه تأثیر مثبتی بر فرایند فیزیولوژیک در حین جوانه‌زنی داشته است.

واژگان کلیدی: پرولین، مالون دی‌آلدهید، پتاسیم، سدیم، پرایمینگ

مقدمه

نخود از خانواده بقولات و گیاهی است یکساله که تنها جهت تولید دانه کشت می‌گردد. در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ از حدود ۱۱ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی، حدود ۷۹۹ هزار هکتار معادل ۷/۲۷ درصد سطح برداشت حبوبات است که در بین حبوبات نخود با سطح زیر کشت ۵۰۲ هزار هکتار (٤/۵۷ درصد) و تولید معادل ۲۷۸ هزار تن مقاوم اول را از نظر تولید و سطح زیر کشت به خود اختصاص داده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). نخود یکی از محصولات زراعی مهم در خاورمیانه و ایران است، مقدار تولید و کیفیت پروتئین دانه آن بسیار زیاد بوده و با تثبیت نیتروژن در خاک موجب افزایش حاصلخیزی آن می‌شود. نخود گیاهی حساس به شوری است و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: balouchi@yu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

خصوصیات جوانه‌زنی آن در شرایط تنش شوری کاهش می‌یابد (احمدپور و همکاران، ۱۳۹٤)

شوری، یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که تولید محصولات زراعی را کاهش می‌دهد. ایران جز مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود که کم‌بودن نزولات جوی و بالابودن میزان تبخیر در این مناطق باعث تجمع املاح در لایه سطحی خاک می‌شود. شوری علاوه بر تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد بسیاری از فرآیندهای دخیل در رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (دره‌کی و همکاران، ۱۳۹۷). تنش شوری نظیر سایر تنش‌های محیطی، از رشد گیاه ممانعت می‌کند. رشد کمتر، یک ویژگی سازشی برای زنده‌ماندن گیاه تحت شرایط تنش است که اجازه می‌دهد گیاه از اسکلت کربنی و انرژی برای مقابله با تنش استفاده کند (پوراسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۳).

ملاتونین یک ترکیب طبیعی است که در انواع زیادی از گونه‌های گیاهی در ریشه، برگ، میوه و دانه شناسایی شده است (Zhang *et al*., 2015). ملاتونین برای کاهش مهار جوانه‌زنی ناشی از تنش شوری دو سازوکار آشکار دارد: ۱- ملاتونین بیرونی با افزایش بیان ژن مرتبط به تولید آنتی‌اکسیدان‌ها باعث کاهش آسیب اکسایشی ناشی از تنش شوری می‌شود و ۲- ملاتونین به‌وسیله کاتابولیسم آبسیزیک اسید و بیوسنتز جیبرلیک اسید در طول جوانه‌زنی بذر باعث کاهش اثر تنش شوری می‌شود (Zhang *et al*., 2015). کاربرد ملاتونین وابسته به مقدار آن بوده است. ملاتونین در غلظت‌های ۲۰ و ۵ میکرومولار، به‌طور قابل توجهی جوانه‌زنی را بهبود بخشیده و در غلظت‌های ۱۰۰ و ۵۰۰ میکرومولار، اثر مهارکننده بر جوانه‌زنی داشته است، ملاتونین با غلظت ۲۰ میکرومولار برای بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه استویا (افزایش وزن و تعداد برگ) مطلوب بود (Simlat *et al*., 2018). غلظت‌های بالای ملاتونین بر جوانه‌زنی نقش مهارکننده یا حتی بی‌اثر داشته، در حالیکه غلظت‌های پایین جوانه‌زنی را بهبود می‌بخشد (Chen *et al*., 2009; Simlat *et al*., 2018; Wei *et al*., 2015). ملاتونین می‌تواند عمدتاً از طریق تنظیم فتوسنتز، چرخه تقسیم سلولی، تکثیر DNA، متابولیسم نشاسته/ ساکارز و بیوسنتز لیپیدها اثر خود را اعمال کند (Wei *et al*., 2015). ملاتونین روی گیاه سویا به‌عنوان پوشش بذر باعث افزایش رشد و توسعه و عملکرد می‌شود و همچنین آستانه تحمل تنش‌های خشکی و شوری را بهبود می‌بخشد. (Wei *et al*., 2015). تنش شوری منجر به افزایش مالون دی‌آلدهید و سایر آلدهیدها در اندام‌های هوایی می‌گردد و کاربرد ملاتونین بیرونی در گیاهان تحت تنش شوری منجر به کاهش میزان مالون دی‌آلدهید می‌شود (زارع زینلی، ۱۳۹۵). غلظت مالون دی‌آلدهید تحت تنش شوری افزایش یافته که با کاربرد ملاتونین به‌طور قابل ملاحظه از میزان این شاخص کاسته می‌شود. کاهش غلظت مالون دی‌آلدهید به این موضوع اشاره دارد که ملاتونین بیرونی نقش حفاظتی را برای غشا سلول در شرایط تنش شوری ایفا می‌کند (Wang *et al*., 2016; Zhang *et al*., 2015).

با توجه به این مسأله که نخود به تنش شوری حساس بوده و ملاتونین توانایی کاهش اثرات تنش شوری در گیاه را دارد، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ملاتونین به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد گیاهی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک بذر و گیاهچه نخود (رقم آرمان) تحت تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹٦ اجرا گردید. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ملاتونین در غلظت‌های بدون پرایم (شاهد)، غلظت صفر (آب‌مقطر= هیدروپرایم)، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ میکرومولار به‌عنوان فاکتور اول و سطوح مختلف شوری شامل (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) به‌عنوان فاکتور دوم بود. در این آزمایش، ابتدا بذرهای نخود (بذر از مؤسسه وابسته شرکت فنی مهندسی کیمیا گستر تهیه شد). در محلول ملاتونین با غلظت‌های بدون پرایم (شاهد)، غلظت صفر (آب‌مقطر= هیدروپرایم)، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

میکرومولار برای مدت ۱۵ ساعت در تاریکی و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد خیس شدند (طبق نتایج آزمون اولیه برای دما و زمان پرایمینگ) و بعد از این مرحله برای رسیدن به رطوبت اولیه به مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. ۲۵ عدد بذر نخود تیمارشده با غلظت‌های مختلف ملاتونین در هر پتری با قطر ۱۲ سانتی‌متر حاوی کاغذ صافی و غلظت‌های مختلف شوری (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار سدیم کلرید) کشت داده شدند (قبل از کشت بذور با محلول ۳ درصد هیپوکلریت سدیم به‌مدت ۲ دقیقه ضدعفونی و پس از آن با آب‌مقطر پنج بار شستشو داده شدند) و در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ روز در تاریکی قرار داده شدند (ISTA, 2010).

میزان فعالیت آلفا آمیلاز و محتوای پروتئین محلول از بذرها در مرحله آبنوشی (۸ ساعت بعد از کاشت) و میزان سدیم و پتاسیم، پرولین و غلظت مالون دی‌آلدهید از گیاهچه‌ها بعد از اتمام دوره جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد. مقادیر سدیم و پتاسیم به روش Owen (۱۹۹۲) و با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد و با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گیاهچه محاسبه شد.

به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بذر عصاره بذرها از روش Makkar و همکاران (۲۰۰۷) استخراج شد و سپس فعالیت آلفا آمیلاز در عصاره بذرها توسط روش Baker (۱۹۹۱) و Bernfeld (۱۹۹۵) (با اندکی تغییرات) تعیین شد. مقدار فعالیت آنزیم به‌صورت میلی‌گرم مالتوز بر گرم بذر (mg maltos/g seed) گزارش گردید.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان پروتئین محلول بذر عصاره بذری به روش Kar و Mishra (۱۹۷٦) استخراج و جهت اندازه‌گیری کمی پروتئین از روش Bradford (۱۹۷٦) استفاده گردید. به‌منظور ترسیم منحنی استاندارد پروتیئن از آلبومین سرم گاوی استفاده و سپس جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد.

به‌منظور اندازه‌گیری میزان پرولین از گیاهچه عصاره الکلی با روش Paquin و Lechasseur (۱۹۷۹) تهیه شد. میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل Lambda EZ 210) خوانده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از پرولین (ال- پرولین) با غلظت‌های صفر تا ۰/۱ میکرومول بر میلی‌لیتر استفاده شد.

میزان مالون دی‌آلدهید با اندازه‌گیری جذب عصاره گیاهچه در طول‌موج‌های ۵۳۲ و ٦۰۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر و با استفاده از ضریب خاموشی (ε =۱۵۵mM^{-1} cm^{-1}) محاسبه می‌شود (Heath and Packer, 1968). سپس طبق فرمول زیر محاسبه مالون دی‌آلدهید جذب در طول‌موج ۵۳۲ از ٦۰۰ کم شد و واحد اندازه‌گیری مالون دی‌آلدهید بر حسب میلی‌مول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد .

مالون دی‌آلدهید (mM g^{-1}) = [(A532nm / ε) /0.1] – [(A600nm / ε) /0.1]

A532: جذب در ۵۳۲ نانومتر، A600: جذب در ٦۰۰ نانومتر، ۰/۱: وزن تر نمونه (گرم)، ε: ضریب خاموشی = ۱۵۵ بر میلی‌مولار بر سانتی‌متر

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. با معنی‌دار شدن برهمکنش، برش‌دهی اثر سطوح پرایمینگ برای هر سطح از تنش شوری انجام شد و درنهایت مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

پروتئین محلول: نتایج نشان داد که اثر تنش شوری و اثر برهمکنش تنش شوری و پرایمینگ بر میزان پروتئین محلول در زمان آبنوشی بذر در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند، اما اثر پرایمینگ بر میزان پروتئین محلول بذر معنی‌دار نشد (جدول ۱). اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر میزان پروتئین محلول بذر در سطوح تنش شوری صفر، ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار معنی‌دار نشد، ولی در سطح تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر پرایمینگ بر میزان پروتئین محلول بذر، در سطح تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار نشان داد که تا غلظت ۵۰ میکرومولار میزان پروتئین بذر در سطح بالایی قرار داشت و با افزایش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش شوری (سدیم کلرید) و پرایمینگ برای میزان آنزیم آلفا آمیلاز و پروتئین محلول بذر نخود و شاخص‌های مالون دی‌آلدهید، پرولین، سدیم و پتاسیم گیاهچه نخود

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پروتئین محلول بذر	آنزیم آلفا آمیلاز بذر	مالون دی‌آلدهید	پرولین	سدیم	پتاسیم
تنش شوری (S)	٤	۲/۳۹ *	۰/۲۳٤٥ **	۰/۰۰۰۳ **	۰/۱۸۹ **	۷/۹٦ **	۱/۹۰ **
پرایمینگ ملاتونین (H)	٦	۱/۳٤ ns	۰/۱٤۳٥ **	۰/۰۰۱۳ **	۰/۲٤۰ **	۰/۸۱۹ **	۱/۷٦ **
H × S	۲٤	۱/٥۹ *	۰/۰٦۳ **	۰/۰۰۰٤۷ **	۰/۱۱٦ **	۰/۱۹٤ **	۰/٦۲۲ **
خطای آزمایش	۷۰	۰/۸۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۰٦	۰/۰۲۹	۰/۰٤۰	۰/۲۰۹
ضریب تغییرات	-	۱۰	۹	٦	۱٥	٦	٦

***، ** و ns به‌ترتیب نشانگر معنی‌دار در سطح ٥ درصد، ۱ درصد و عدم‌معنی‌داری هستند.**

جدول ۲- تجزیه واریانس برش‌دهی سطوح مختلف پرایمینگ در هر سطح تنش شوری (سدیم کلرید) برای آنزیم آلفا آمیلاز و پروتئین محلول بذر نخود و شاخص‌های مالون دی‌آلدهید، پرولین، پتاسیم و سدیم گیاهچه نخود

تنش شوری (میلی-مولار)	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		پروتئین محلول بذر	آنزیم آلفاآمیلاز بذر	مالون دی‌آلدهید	پرولین	سدیم	پتاسیم
صفر	٦	۱/٥٦ ns	۰/۰۸۸ **	۰/۰۰۱۳ **	۰/۱۱۷ **	۰/٥۹۱ **	۰/۸۹۰ **
۲٥	٦	۱/۱٦ ns	۰/۰۹٥ **	۰/۰۰۰۰۸ ns	۰/۱۱٤ **	۰/۳۷۷ **	۰/۲۰٥ ns
٥۰	٦	۱/۹۷ *	۰/۰۱۱ **	۰/۰۰۰٦ **	۰/۲٥۸ **	۰/۱٤۷ **	۰/٦۸۲ **
۷٥	٦	۱/٦٦ ns	۰/۰۷۹ **	۰/۰۰۰۸ **	۰/۰۳۷ ns	۰/۱۰۷ *	۰/۸٤۲ **
۱۰۰	٦	۱/۳۳ ns	۰/۰۲۳ ns	۰/۰۰۰۳ **	۰/۱۸۰ **	۰/۳۷٦ **	۱/٦۳ **

***، ** و ns به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح ٥ درصد، ۱ درصد و عدم‌معنی‌داری هستند.**

غلظت هورمون از این سطح میزان پروتئین محلول کاهش یافت (جدول ۳).

در پژوهش حاضر کاربرد ملاتونین به روش پرایمینگ بذر در سطوح مختلف تنش شوری اثر مثبتی بر افزایش میزان پروتئین محلول (بذر) نداشت. kabiri و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند که پیش‌تیمار با ملاتونین در شرایط عدم‌تنش تأثیری در میزان پروتئین نداشت. اما در پژوهش‌های پیشین تنش شوری منجر به کاهش پروتئین و تیمار با ملاتونین سبب افزایش پروتئین (برگ) گیاهچه‌های تیمارشده با ملاتونین (۰/۲٥ میکرومولار) در شرایط تنش شوری می‌گردد (زارع زینلی، ۱۳۹٥). علت تفاوت نتیجه کاربرد ملاتونین را می‌توان با توجه به اینکه عملکرد ملاتونین در گیاهان به نحوه کاربرد، گونه گیاهی و به غلظت وابسته است توجیه کرد (Wang *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2016). گیاه می‌تواند در پاسخ و سازگاری با تنش‌های شوری با تغییر متابولیسم سلولی و استفاده از مکانیزم‌های دفاعی مختلف عمل کند (Bohnert, 2007). اثرات سودمند پرایمینگ بذر به بازسازی و تجمع اسیدهای نوکلئیک، سنتز پروتئین‌ها و بازسازی غشاها مربوط است (Wang *et al.*, 2013). نقش ملاتونین در جوانه‌زنی بذر و بقا گیاه ممکن است به تغییرات ناشی از ملاتونین در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف پرایمینگ (ملاتونین) در هر سطح از تنش شوری (سدیم کلرید) برای میزان آنزیم آلفاآمیلاز و پروتئین محلول بذر نخود و شاخص‌های مالون دی‌آلدهید، پرولین، پتاسیم و سدیم گیاهچه نخود

تنش شوری (میلی‌مولار)	ملاتونین (میکرومولار)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم بذر)	فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (میلی‌گرم مالتوز بر گرم بذر)	مالون دی‌آلدهید (میلی‌مول بر گرم)	پرولین (میکرومول بر گرم)	سدیم (میلی‌گرم بر گرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم)
صفر	بدون‌پرایم	۹/۷۳ a	۲/۶۵ a	۰/۰۱۸ b	۱/۰۱ bcd	۱/۷۹ c	۳۸/۶۵ c
	صفر	۹/۶۷ a	۲/۴۳ ab	۰/۰۱۳ c	۱/۹۸ a	۴/۷۲ b	۴۵/۹۵ bc
	۲۵	۹/۳۲ a	۲/۵۱ a	۰/۰۱۷ b	۰/۹۱ cd	۴/۷۹ b	۵۰/۶۴ ab
	۵۰	۸/۵۹ a	۱/۵۷ bc	۰/۰۲۸ a	۱/۴۷ abc	۴/۵۱ b	۳۹/۵۸ c
	۷۵	۱۰/۰ a	۲/۰۹ abc	۰/۰۱۹ b	۰/۸۳ d	۷/۱۶ a	۵۶/۵۴ a
	۱۰۰	۹/۸۱ a	۱/۴۱ c	۰/۰۱۱ c	۱/۵۵ ab	۴/۰۱ b	۵۶/۳۰ a
	۱۲۵	۹/۱۴ a	۲/۶۵ a	۰/۰۱۳c	۱/۷۷ a	۷/۰۲ a	۴۳/۵۵ bc
۲۵	بدون‌پرایم	۹/۱۴ a	۲/۴۹ ab	۰/۰۱۴ a	۱/۴۵ abc	۶/۵۹ c	۴۷/۵ a
	صفر	۹/۰۸ a	۲/۴۹ ab	۰/۰۱۷ a	۱/۲۶ abc	۹/۱۰ b	۴۹/۵۶ a
	۲۵	۷/۸۶ a	۲/۵۸ a	۰/۰۱۵ a	۱/۶۴ ab	۶/۵۹ c	۵۵/۸ a
	۵۰	۹/۴ a	۲/۳۸ ab	۰/۰۱۶ a	۱/۱۰ bc	۶/۸۷ c	۵۳/۲ a
	۷۵	۸/۶۲ a	۳/۱۱ a	۰/۰۱۴ a	۰/۶۹ c	۵/۷۳ c	۴۷/۱۵ a
	۱۰۰	۹/۰۳ a	۲/۲۸ ab	۰/۰۱۸ a	۱/۷۴ ab	۷/۰۹ c	۵۲/۶ a
	۱۲۵	۷/۹۲ a	۱/۳۶ b	۰/۰۱۵ a	۲/۰۱ a	۱۱/۷۵ a	۴۵/۷ a
۵۰	بدون‌پرایم	۸/۷۵ ab	۲/۶۰ a	۰/۰۲۰ a	۱/۱۸ bc	۸/۷۴ c	۴۶/۷ bc
	صفر	۹/۴۵ a	۱/۷۸ b	۰/۰۱۹ bc	۱/۵۴ bc	۱۰/۴۶ b	۵۸/۲ ab
	۲۵	۸/۴۶ ab	۱/۷۹ b	۰/۰۱۸ bc	۱/۳۵ bc	۸/۸۸ c	۶۲/۹۱ a
	۵۰	۹/۱۲ a	۱/۲۳ c	۰/۰۲۱ b	۱/۲۱ bc	۱۰/۴۶ b	۵۴/۷۳ abc
	۷۵	۷/۱۲ c	۱/۰۳ c	۰/۰۱۵ cd	۰/۶۵ c	۱۰/۱۷ bc	۶۰/۹۹ a
	۱۰۰	۷/۷۷ bc	۱/۴۳ bc	۰/۰۱۹ bc	۳/۲۰ a	۹/۲۴ bc	۵۰/۷۶ abc
	۱۲۵	۷/۹۸ bc	۱/۴۸ bc	۰/۰۱۲ d	۱/۸۹ b	۱۲/۹۷ a	۴۴/۵۱ c
۷۵	بدون‌پرایم	۷/۲۴ a	۲/۸۶ a	۰/۰۲۴ a	۱/۴۴ a	۱۲/۲۵ ab	۵۰/۴۰ bc
	صفر	۸/۸۶ a	۱/۵۳ c	۰/۰۱۶ bcd	۱/۱۳ a	۱۴/۱۹ a	۵۹/۷۹ ab
	۲۵	۹/۰۶ a	۱/۵۸ c	۰/۰۲۰ b	۰/۷۷ a	۱۰/۶۰ b	۶۰/۸۷ ab
	۵۰	۹/۲۵ a	۱/۹۰ bc	۰/۰۱۷ bc	۱/۱۲ a	۱۲/۳۹ ab	۵۷/۸۶ ab
	۷۵	۸/۵۹ a	۱/۸۹ bc	۰/۰۱۲ de	۱/۱۲ a	۱۲/۰۳ ab	۶۴/۸۴ a
	۱۰۰	۹/۴۷ a	۱/۵۸ c	۰/۰۱۵ cde	۰/۷۸ a	۱۲/۶۱ ab	۶۳/۵۱ ab
	۱۲۵	۹/۱۶ a	۲/۲۰ b	۰/۰۱۱ e	۰/۸۹ a	۱۴/۴۷ a	۴۳/۰۷ c

اعداد با حروف مشابه در هر ستون و در هر سطح شوری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نشان نداده‌اند.

پراکسیداسیون غشا و پروتئین مرتبط شود (Zhao *et al*., 2011; Posmyk *et al*., 2009; Kang *et al*., 2010).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

ادامه جدول ۳-

تنش شوری (میلی‌مولار)	ملاتونین (میکرومولار)	پروتئین محلول (میلی‌گرم بر گرم بذر)	فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (میلی‌گرم مالتوز بر گرم بذر)	مالون دی‌آلدهید (میلی‌مول بر گرم)	پرولین (میکرومول بر گرم)	سدیم (میلی‌گرم بر گرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم)
	بدون‌پرایم	۹/۰۶ a	۲/۰۲ a	۰/۰۲۰ ab	۰/۴۳ c	۱۳/۶۸ bc	۶۴/۳۶ ab
	صفر	۹/۶۸ a	۱/۹۴ a	۰/۰۲۲ a	۰/۹۸ b	۱۴/۱۱ bc	۵۶/۰۶ bc
	۲۵	۸/۷۹ a	۲/۰۱ a	۰/۰۱۸ abc	۰/۸۲ bc	۱۴/۹۷ ab	۶۹/۸۹ a
۱۰۰	۵۰	۸/۰۵ a	۱/۴۰ a	۰/۰۱۷ abc	۱/۲۲ b	۱۳/۹۰ bc	۶۹/۸۹ a
	۷۵	۷/۹۱ a	۱/۹۷ a	۰/۰۱۸ abc	۱/۳۱ b	۸/۹۵ d	۴۳/۰۶ d
	۱۰۰	۸/۶۸ a	۱/۸۱ a	۰/۰۱۵ c	۲/۰۷ a	۱۲/۱۱ c	۵۴/۶۱ bc
	۱۲۵	۹/۴۷ a	۱/۶۴ a	۰/۰۱۴ c	۰/۸۱ bc	۱۶/۹۱ a	۴۴/۹۹ cd

اعداد با حروف مشابه در هر ستون و در هر سطح شوری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD نشان نداده‌اند.

آلفا آمیلاز: در این تحقیق اثر تنش شوری، پرایمینگ و برهمکنش آنها بر میزان فعالیت آلفا آمیلاز بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بذر در سطوح شوری صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود؛ اما در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار اثر غلظت نمک معنی‌دار نبود (جدول ۲). اثر پرایمینگ برای میزان فعالیت آلفا آمیلاز بذر، در تنش شوری سطح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰میلی‌مولار، در بین سطوح مختلف ملاتونین اثر افزایشی مشاهده نشد (جدول ۳). با اینکه افزایش سطح غلظت نمک میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز را در بذر کاهش داد، اما ملاتونین تنها در سطح شوری ۲۵ میلی‌مولار با غلظت ۷۵ میکرومولار توانست بیشترین میزان فعالیت آلفا آمیلاز را نشان دهد. تنش شوری بر میزان فعالیت آنزیم‌ها در گیاهان اثر می‌گذارد (Smirnoff, 1993). در شرایط تنش شوری تجمع املاح مضر و تخریب غشای سلولی و ماکروملکول‌ها سبب کاهش فعالیت و کارایی آنزیم آلفا آمیلاز و از طریق کم‌کردن میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تأثیر منفی بر فعالیت‌های آنزیمی بذر و جوانه‌زنی آن دارد و سبب تأخیر در جوانه‌زنی و کاهش رشد ارقام نخود می‌شود (فرهودی و خدارحم‌پور، ۱۳۹۶). از آنجا که میزان آلفا آمیلاز در زمان جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (اکرم قادر و همکاران، ۱۳۹۳)، کاهش فعالیت هورمون جبیرلین و کاهش سنتز آنزیم‌های هیدرولیزکننده آلفا آمیلاز، بتا آمیلاز در فرآیند جوانه‌زنی با کاهش قدرت بذر همراه است (McDonald, 1999). در پژوهش حاضر کاربرد ملاتونین به‌صورت پرایمینگ بذر و کشت تحت شرایط تنش شوری، میزان فعالیت آلفا آمیلاز درمرحله آبنوشی بذر را افزایش نداد (به استثنای غلظت ۱۲۵ میکرومولار که در تنش ۷۵ میلی‌مولار، باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز شد).

مالون دی‌آلدهید: اثر تنش شوری، پرایمینگ و برهمکنش آنها نیز بر میزان مالون دی‌آلدهید در گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر میزان مالون دی‌آلدهید در گیاهچه در تمامی سطوح تنش شوری به استثنای سطح ۲۵ میلی‌مولار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و در سطح ۲۵ میلی‌مولار تنش شوری معنی‌دار نبود (جدول ۲). اثر پرایمینگ در سطوح مختلف تنش شوری بر میزان مالون دی‌آلدهید در گیاهچه، در شرایط عدم‌تنش شوری، در بین سطوح مختلف ملاتونین کمترین میزان (۰/۰۱۱ میلی‌مول بر گرم) مالون دی‌آلدهید در سطح ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین که نسبت به سطح بدون پرایم (۰/۰۱۸ میلی‌مول بر گرم) ۳۸/۸۹ درصد کاهش داشت. در تنش شوری سطح ۵۰ میلی‌مولار کمترین میزان (۰/۰۱۲ میلی‌مول بر گرم)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

مالون دی‌آلدهید مربوط به سطح ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین بود (با سطح ۷۵ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری نداشت) که نسبت به سطح بدون پرایم (۰/۰۲۰ میلی‌مول بر گرم) ٤۰ درصد کاهش داشت. در تنش شوری سطح ۷۵ میلی‌مولار، کمترین میزان مالون دی‌آلدهید (۰/۰۱۱ میلی‌مول بر گرم) مربوط به سطح ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین (با سطوح ۷۵ و ۱۰۰ میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت) که نسبت به سطح بدون پرایم (۰/۰۲٤ میلی‌مول بر گرم) ٥٤ درصد کاهش مشاهده شد. در تنش شوری سطح ۱۰۰ میلی‌مولار، کمترین میزان (۰/۰۱٤ میلی‌مول بر گرم) مالون دی‌آلدهید در سطح۱۲۵ میکرومولار ملاتونین (با سطوح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میکرمولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری نداشت) که نسبت سطح بدون پرایم (۰/۰۲۰ میلی‌مول بر گرم) ۳۰ درصد کاهش داشت (جدول ۳). در این تحقیق ملاتونین با غلظت ۱۰۰ و ۱۲۵ میکرومولار میزان مالون‌دی‌آلدهید را در تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش داد و همچنین در تنش شوری ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار، غلظت ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین باعث کاهش (ممکن است ملاتونین از تولید مالون دی‌آلدهید جلوگیری نماید) میزان مالون دی‌آلدهید شد. کاربرد ملاتونین در شرایط تنش شوری باعث کاهش میزان مالون دی‌آلدهید در گیاهان ذرت، خیار، ماش و جعفری آفریقایی (*Tagetes crecta* L.) شد (زارع زینلی، ۱۳۹۵). Jiang و همکاران (۲۰۱٦) گزارش کردند کاربرد ملاتونین در شرایط عدم‌تنش اثر کمی بر محتوای مالون دی‌آلدهید در گیاه داشته اما در شرایط تنش شوری به‌طور قابل ملاحظه‌ای محتوای مالون دی‌آلدهید را کاهش داد. Zhang و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که در شرایط تنش شوری در طی مرحله جوانه‌زنی محتوای مالون دی‌آلدهید در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافته که نشان‌دهنده تولید گونه‌های فعال اکسیژن است و کاهش غلظت مالون دی‌آلدهید در تیمارهای که تحت هورمون ملاتونین قرار گرفته‌اند تأیید کرد که استفاده از هورمون ملاتونین از غشاهای سلولی در مقابل آسیب ناشی از تنش شوری بالا محافظت می‌کند. کاربرد ملاتونین می‌تواند آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش شوری را کاهش دهد و چنین مکانیزمی در تنش شوری ممکن است نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش شوری داشته باشد (Wang *et al*., 2016). ملاتونین نفوذپذیری غشاهای پلاسما و پراکسیداسیون لیپید در غشاها را کاهش می‌دهد و باعث حفظ یکپارچگی و عملکرد غشا در گیاه در تنش شوری می‌شود، به این ترتیب سمیت مواد معدنی را کاهش داده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Wang *et al*., 2016). آسیب‌دیدن غشاهای سلولی تحت تأثیر تنش شوری و تولید مالون دی‌آلدهید برگ که ناشی از تخریب و تجزیه چربی‌های غشا سلولی است می‌تواند به‌عنوان یک معیار مناسب برای بررسی واکنش گیاه به تنش شوری مورد استفاده قرار گیرد (Bandeoglu *et al*., 2004). در پژوهش حاضر در تمامی سطوح تنش شوری مورد آزمایش کاربرد ملاتونین بیرونی اثر معنی‌داری بر میزان مالون دی‌آلدهید در گیاهچه داشته است. با توجه به اینکه نشت الکترولیت، غلظت مالون دی‌آلدهید هر دو به‌عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی میزان خسارت غشایی در برگ، تحت تنش شوری مورد استفاده قرار می‌گیرند و این که مسأله هورمون ملاتونین اثر محافظتی برای جلوگیری از آسیب‌دیدن غشا در شرایط تنش شوری از خود نشان می‌دهد.

پرولین: اثر تنش شوری، پرایمینگ و برهمکنش آنها بر میزان پرولین در گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر سطوح مختلف پرایمینگ بذر بر میزان پرولین در گیاهچه در سطوح تنش شوری صفر، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی در سطح تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار معنی‌دار نبود (جدول ۲). در شرایط عدم‌تنش شوری، بیشترین میزان پرولین (۱/۹۸ میکرومولار بر گرم) در سطح هیدروپرایم (که با سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین اختلاف معنی‌داری نداشت) مشاهده شد که نسبت به سطح بدون پرایم ٤۹/۹۹ درصد افزایش داشت. در تنش شوری سطح ۲۵ میلی‌مولار، بیشترین میزان پرولین (۲/۰۱ میکرومولار بر گرم) در سطح ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین (که با سطوح هیدروپرایم، ۲۵ و ۱۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

میکرومولار اختلاف معنی‌داری نداشت) که نسبت به سطح بدون پرایم (۱/٤٥ میکرومول بر گرم) ۲۷/۸۷ درصد افزایش داشت که این میزان افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۳).

در تنش شوری سطح ۵۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان پرولین (۳/۲۰ میکرومولار بر گرم) در سطح ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین که نسبت به سطح بدون پرایم (۱/۱۸ میکرومولار بر گرم) ٦۳ درصد افزایش داشت. پرایمینگ در تنش شوری سطح ۷۵ میلی‌مولار، در تمامی سطوح پرایم در میزان پرولین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تنش شوری سطح ۱۰۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان پرولین (۲/۰۷ میکرومولار بر گرم) در سطح ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین و کمترین میزان (۰/٤۳ میکرومولار بر گرم) در سطح بدون پرایم مشاهده شد، که میزان پرولین در سطح ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین نسبت به سطح بدون پرایم ۷۹ درصد افزایش داشت (جدول ۳). در شرایط تنش شوری پرولین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده اسمزی در پاسخ به تنش شوری افزایش می‌یابد. در شرایط تنش شوری یکی از راهکارهای مهم گیاهان عالی انباشتگی ترکیباتی نظیر پرولین است. انباشتگی پرولین در شرایط تنش شوری یک پاسخ دفاعی اولیه برای حفظ فشار اسمزی در سلول است و در مطالعات متعددی گزارش شده است که پرولین در گیاه نقش تنظیم‌کننده اسمزی، محافظت ساختمان سلول و خنثی‌کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن ایفا می‌کند (Ashraf and Foolad, 2007).

در پژوهش حاضر تنش شوری بر میزان پرولین گیاهچه اثر معنی‌داری داشته است. در پژوهش حاضر در سطوح مختلف تنش شوری عمکلرد ملاتونین متفاوت بوده و در سطوح تنش شوری ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌مولار غلظت ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین باعث افزایش میزان پرولین شد.

همچنین در پژوهش‌های پیشین کاربرد ملاتونین در شرایط تنش باعث افزایش میزان پرولین در باقلا (تنش شوری)، گیلاس (تنش شوری)، گیاهچه گندم (تنش سرما) و ماش (تنش سرما) شده است (زارع زینلی، ۱۳۹۵). زارع زینلی (۱۳۹۵) نیز در مطالعات خود گزارش کردند که میزان پرولین تحت تأثیر تیمار ملاتونین در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد افزایش یافته است. پرولین در شرایط تنش شوری بالا تجمع می‌یابد (Yoshibia, 1995). در شرایط تنش شوری، پرولین، از کمپلکس II زنجیره انتقال الکترون میتوکندریایی محافظت کرده بنابراین تنفس میتوکندریایی را پایدار می‌کند (Hamilton and Heckathorn, 2001). کاربرد ملاتونین بیرونی به‌صورت پرایمینگ بذور نیز بر میزان پرولین مؤثر بوده است. افزایش میزان پرولین در اثر تیمار ملاتونین به‌علت نقش آن در حفظ آب سلول، محافظت از غشا، پروتئین، مهار ROS و خواص آنتی‌اکسیدانی آن است (Turk *et al*., 2014). ملاتونین در شرایط تنش و غیر تنش عکس‌العمل متفاوت داشته به غلظت ملاتونین، گونه گیاهی به نحوی کاربرد ملاتونین وابسته است (Jiang *et al*., 2016).

سدیم: در این آزمایش اثرهای تنش شوری، پرایمینگ و برهمکنش آنها بر میزان سدیم در گیاهچه در سطح احتمال۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر میزان سدیم در گیاهچه در تمامی سطوح تنش شوری به استثنای سطح ۷۵ میلی‌مولار در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و در سطح ۷۵ میلی‌مولار در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش میزان غلظت NaCl میزان سدیم در گیاهچه افزایش یافت و در همه سطوح غلظت نمک بیشترین میزان سدیم در سطح ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین مشاهده شد. در تنش شوری سطح ۱۰۰ میلی‌مولار، در سطوح مختلف پرایمینگ کمترین میزان سدیم (۸/۹۵ میلی‌گرم بر گرم) در سطح ۷۵ میکرومولار ملاتونین مشاهده شد که نسبت به سطح بدون پرایم (۱۳/٦۸ میلی‌گرم بر گرم) ۳٤/۵۸ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۳). در این پژوهش، در تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، کاربرد ملاتونین با غلظت ۷۵ میکرومولار و همچنین در سطح تنش شوری ۷۵ میلی‌مولار، ملاتونین با غلظت ۲۵ میکرومولار باعث کاهش محتوای سدیم شد. غلظت پایین سدیم برای رشد و تحمل به تنش غیرزیستی در گیاهان حیاتی است. علاوه بر این، نسبت بالا پتاسیم به سدیم برای حفظ متابولیسم سلولی در گیاه بسیار حیاتی است (Zhu, 2002). اعمال تنش شوری، به‌طور چشمگیری محتوای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

سدیم در گیاهان آرابیدپسیس، گوجه‌فرنگی، صنوبر، آلوورا و ذرت افزایش می‌دهد (Jiang *et al*., 2016). کاربرد ملاتونین منجر به کاهش سدیم در گیاهچه‌های پیش تیمارشده نسبت به گیاهچه‌های تیمارنشده می‌گردد (زارع زینلی،۱۳۹۵; Jiang *et al*., 2016). Jiang و همکاران (۲۰۱٦) نیز گزارش کردند که استفاده از ملاتونین در شرایط بدون تنش هیچ تأثیری بر محتوای پتاسیم و سدیم نداشته است اما کاربرد ملاتونین به‌طور واضح محتوای سدیم در ساقه را کاهش داده است. اما در شرایط تنش شوری کاربرد ملاتونین میزان نسبت پتاسیم به سدیم در ساقه‌ها را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است.

پتاسیم: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان دادند که اثرهای تنش شوری، پرایمینگ و برهمکنش آنها بر میزان پتاسیم در گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). اثر سطوح مختلف پرایمینگ بر میزان پتاسیم در گیاهچه در سطوح صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد ولی در سطح ۲۵ میلی‌مولار معنی‌دار نبود (جدول ۲). در شرایط عدم‌تنش شوری، بیشترین میزان پتاسیم (٥٦/٥٤ میلی‌گرم بر گرم) در سطح ۷۵ میکرومولار ملاتونین مشاهده شد که نسبت به سطح بدون پرایم (۳۸/٦٥ میلی‌گرم بر گرم) ۳۱/٦٥ درصد افزایش داشت. در تنش شوری سطح ۵۰ میلی‌مولار، در بین سطوح مختلف ملاتونین بیشترین میزان پتاسیم (٦۲/۹۱ میلی‌گرم بر گرم) در سطح ۲۵ میکرومولار ملاتونین مشاهده شد که با سطح بدون پرایم (٤٦/۷ میلی‌گرم بر گرم) ۲۳/۷۷ درصد اختلاف داشت. در تنش شوری سطح ۷۵ میلی‌مولار، بیشترین میزان پتاسیم (٦٤/٨٤ میلی‌گرم بر گرم) در سطح ۷۵ میکرمولار ملاتونین که ۲۲/۲۸ درصد افزایش را نسبت به سطح بدون پرایم (٥۰/٤۰ میلی‌گرم بر گرم) داشت. در تنش شوری سطح ۱۰۰ میلی‌مولار، بیشترین میزان پتاسیم (٦۹/۸۹ میلی‌گرم بر گرم) در سطح ۲۵ و ۵۰ میکرومولار ملاتونین که اختلاف معنی‌داری با سطح بدون پرایم نداشت و غلظت ۱۲۵ میکرومولار ملاتونین سبب کاهش معنی‌دار پتاسیم گیاهچه نسبت به شرایط بدون پرایم و هیدروپرایمینگ گردید (جدول ۳). یون پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی گیاه نقش مهمی دارد و حضور پتاسیم در گیاه بیانگر بالا بودن مقاومت به شوری است (آزاد و همکاران، ۱۳۹۷). تنش شوری، محتویات پتاسیم در گیاهان آرابیدپسیس، گوجه‌فرنگی، صنوبر، آلوورا و ذرت را کاهش می‌دهد (Jiang *et al*., 2016). در شرایط تنش شوری اثر کاربرد ملاتونین بیرونی به‌صورت پرایمینگ بذور به‌طور کلی بیشترین میزان پتاسیم در سطوح غلظت ۲۵ و ۷۵ میکرومولار بوده و کمترین میزان پتاسیم در سطوح شاهد، ۱۲۵ و ۷۵ میکرومولار بوده است. عملکرد ملاتونین در گیاهان وابسته به مقدار و نحوه کاربرد و همچنین گونه گیاهی وابسته است (Jiang *et al*., 2016). کاربرد ملاتونین تحت شرایط تنش شوری در گیاه ذرت، باقلا و جعفری آفریقایی (*Tagetes crecta* L.) باعث افزایش محتوای پتاسیم می‌شود (زارع زینلی، ۱۳۹۵). یکی از اثرات ملاتونین افزایش جذب یون‌های معدنی ضروری تحت شرایط تنش گزارش شده است (Jiang *et al*., 2016). کاربرد ملاتونین باعث بالانگهداشتن محتوای پتاسیم در شرایط تنش شوری می‌شود (Jiang *et al*., 2016; Li *et al*., 2012). نسبت بالا پتاسیم به سدیم برای حفظ متابولیسم سلولی در گیاه بسیار حیاتی است (پوراسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۳). به‌طور کلی در رابطه با میزان پتاسیم در پژوهش حاضر کارایی کاربرد ملاتونین در سطوح تنش شوری مورد بررسی متفاوت بود، در سطح صفر (سطوح ۲۵، ۷۵ و۱۰۰ میکرومولار ملاتونین) و ۱۰۰ (سطوح ۵۰ و ۷۵ میکرومولار) میزان افزایش مشاهده شده معنی‌دار ولی در سطوح ۲۵، ۵۰ و۷۵ میلی‌مولار تنش شوری، در هیچ یک از سطوح ملاتونین نسبت به سطح صفر افزایش معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، چنین نتیجه‌گیری شد که ملاتونین با غلظت‌های ثابت در سطوح مختلف تنش شوری اثر متفاوتی بر میزان مالون دی‌آلدهید، میزان پرولین، میزان پتاسیم و سدیم داشت. اثرات کاربرد ملاتونین احتمالاً ناشی از افزایش توانایی آنتی‌اکسیدانت و ثبات سیستم غشایی است و همچنین کاربرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

ملاتونین در غلظت‌های کمتر از ۷۵ میکرومولار می‌تواند اثر ناشی از سمیت یونی ناشی از کاهش محتوای پتاسیم و افزایش سدیم را کاهش دهد. غلظت پایین سدیم برای رشد و تحمل به تنش غیرزیستی در گیاهان حیاتی است. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که نخود در مرحله جوانه‌زنی تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار تنش شوری را تحمل نموده و کاربرد هورمون در این سطوح به‌دلیل تحمل به شوری تأثیر زیادی بر شاخص‌های فیزیولوژیک بذر نداشته است با توجه با این نکته که ملاتونین در شرایط عدم‌تنش عملکرد و تنها هیدروپرایمینگ در این شرایط نسبت به شاهد بدون پرایم با کمک به جذب آب توسط گیاه تأثیر مثبتی بر فرایند فیزیولوژیک در حین جوانه‌زنی داشته است. اگر سطح تنش در محیط‌کشت نخود بیش از ۱۰۰ میلی‌مولار باشد گیاه دچار تنش شوری می‌شود و عملکرد آن از شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر به بالا کاهش می‌یابد (احمدپور و همکاران، ۱۳۹٤). لذا پیشنهاد می‌گردد سطوح بالاتر تنش شوری و همچنین تأثیر هورمون در مرحله رشد رویشی نیز بررسی گردد زیرا برخی گیاهان که در زمان جوانه‌زنی به شوری متحمل هستند ممکن است در زمان رشد رویشی به آن حساسیت داشته باشند.

منابع

احمدپور، ر.، آرمند، ن. و حسین‌زاده، س. ر. (۱۳۹٤) تأثیر عصاره ورمی کمپوست بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری. پژوهش‌های بذر ایران ۲: ۱۳۵-۱۲۳.

احمدی، ک.، عبادزاده، ح. ر.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ. و رفیعی، م. (۱۳۹۷) آمارنامه کشاورزی سال ۹٦-۱۳۹۵، محصولات زراعی. تهران: وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات ۱: ۲٤-۲۱.

آزاد، م.، رستمی، م.، قبولی، م. و موحدی، ز. (۱۳۹۷) برهمکنش تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر صفات فیزیولوژیک بالنگو (*Lallemantia royleana*). مجله زیست‌شناسی ایران ۳۱: ۳۰۷- ۲۹۵.

اکرم قادر، ف.، کامکار، ب. و سلطانی، ا. (۱۳۹۳) علوم و تکنولوژی بذر. جهاد دانشگاهی (دانشگاه مشهد).

پوراسماعیلی، م.، رستگار، ج. و زنگی‌آبادی، م. (۱۳۹۳) تحمل شوری و ارتباط آن با تولید زیست‌توده در ژنوتیپ‌های نخود زراعی. به زراعی کشاورزی ۱٦: ۷٦۳- ۷٤۹.

دره‌کی، غ.، زمانی، غ. و سیاری، م. (۱۳۹۷) بررسی اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم آزاد. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱: ٦۷-۵۷.

زارع زینلی، م. (۱۳۹۵) بررسی اثر محلول‌پاشی با ملاتونین بر کاهش اثرات تنش شوری در گیاه جعفری آفریقایی (*Tagetes erecta* L.). پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

فرهودی، ر. و خدا رحم‌پور، ز. (۱۳۹٦) بررسی جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام نخود تحت تأثیر تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی ۲۱: ۱۰۱-۹۱.

Ashraf, M. and Foolad, M. (2007) Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Baker, J. E. (1991) Purification and partial characterization of α-amylase allozymes from the lesser grain borer, rhyzopertha dominica. Insect Biochemistry 21: 303-311.

Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M and Oktem, H. A. (2004) Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. Plant Growth Regulation 42: 69-77.

Bernfeld, P. (1955) Amylases alpha and beta, Methods in Enzymology 1: 149-158.

Bohnert, H. J. (2007) Abiotic Stress. John Wiley and Sons, Ltd.

Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. Analytical Biochemistry 38: 248-252.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

Chen, Q., Qi, W. B., Reiter, R. J., Wei, W. and Wang, B. M. (2009) Exogenously applied melatonin stimulates root growth and raises endogenous indole acetic acid in roots of etiolated seedlings of *Brassica juncea*. Journal of Plant Physiology 166: 324-328.

Hamilton, E. W. and Heckathorn, S. A. (2001) Mitochondrial adaptations to NaCl. Complex I is protected by anti-oxidants and small heat shock proteins, whereas complex ii is protected by proline and betaine. Plant Physiology 126: 1266-1274.

Heath, R. L. and Packer, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

ISTA (International Seed Testing Association) (2010) International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA) Zurichstr, Switzerland.

Jiang, C., Cui, Q., Feng, K., Xu, D., Li, C. and Zheng, Q. (2016) Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. Acta Physiologiae Plantarum 4: 38-82.

Kabiri, R., Hatami, A. and Naghizadeh, M. (2014) Effect of drought stress and its interaction with salicylic acid on fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) germination and early seedling growth. Journal Medicinal Plants and By-products 2: 107-116

Kang, K., Lee, K., Park, S., Kim, Y. S. and Back, K. (2010) Enhanced production of melatonin by ectopic overexpression of human serotonin n-acetyl transferase plays a role in cold resistance in transgenic rice seedlings. Journal of Pineal Research 49: 176-182.

Kar, M. and Mishra, D. (1976) Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. Plant Physiology 57: 315-319.

Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., Jia, D., Fu, M. and Ma, F. (2012) The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*. Journal of Pineal Research 53: 298-306.

Makkar, H. P., Siddhuraju, P. and Becker, K. (2007) Plant secondary metabolites (Tannins). Springer 67-81.

McDonald, M. (1999) Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. Seed Science Technology 27: 177-237.

Owen, C. P. (1992) Plant analysis reference producers for the southern region of the United States. The University of Georgia 33-45.

Paquin, R. and Lechasseur, P. (1979) Observations sur une methode de dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany 57: 1851-1854.

Posmyk, M. M., Bałabusta, M., Wieczorek, M., Sliwinska, E. and Janas, K. (2009) Melatonin applied to cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds improves germination during chilling stress. Journal of Pineal Research 46: 214-223.

Simlat, M., Ptak, A., Skrzypek, E., Warchol, M., Moranska, E. and Piorkowska, E. (2018) Melatonin significantly influences seed germination and seedling growth of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Peer journal 6: 5009

Smirnoff, N. (1993) The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytologist 125: 27-58.

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

Wang, L., Liu, J., Wang, W. and Sun, Y. (2016) Exogenous melatonin improves growth and photosynthetic capacity of cucumber under salinity-induced stress. Photosynthetica 54: 19-27.

Wang, P., Sun, X., Li, C., Wei, Z., Liang, D. and Ma, F. (2013) Long-term exogenous application of melatonin delays drought-induced leaf senescence in apple. Journal of Pineal Research 54: 292-302.

Wei, W., Li, Q. T., Chu, Y. N., Reiter, R. J., Yu, X. M., Zhu, D. H., Zhang, W. K., Ma, B., Lin, Q. and Zhang, J. S. (2015) Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. Journal of Experimental Botany 66: 695-707.

Yoshibia Y. (1995) Correlation between the induction of a gene for delta 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase and the accumlation of proline in *Arabidopsis thaliana* under osmotic stress. The Plant Journal 7: 751-760.

Zhang, H. J., Zhang, N., Yang, R. C., Wang, L., Sun, Q. Q., Li, D. B., Cao, Y. Y., Weeda, S., Zhao, B. and Ren, S. (2015) Melatonin promotes seed germination under high salinity by regulating antioxidant systems, ABA and GA_4 interaction in cucumber (C*ucumis sativus* L.). Journal of Pineal Research 57: 269-279.

Zhao, Y., Qi, L. W., Wang, W. M., Saxena, P. K. and Liu, C. Z. (2011) Melatonin improves the survival of cryopreserved callus of *Rhodiola crenulata*. Journal of Pineal Research 50: 83-88.

Zhu, J. K. (2002) Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology 53: 247-273.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]

The effect of melatonin and hydropriming on some physiological characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed and seedling under salinity stress

Masoumeh Azadbakht, Hamidreza Balouchi*, Mohsen Movahhedi Dehnavi, Ali Moradi

Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Yasouj, Iran
(Received: 19/03/2019, Accepted: 13/08/2019)

Abstract

Melatonin (N-acetyl-5- methoxytryptamine) as a plant growth regulator, is a natural compound that has been known to exist in a large variety of plant species in roots, leaves, fruits and seeds. In order to investigate the effect of melatonin on some physiological characteristics of chickpea seed and seedling (Arman cultivar) under salinity stress, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with four replications in 2017 at the Yasouj University. The factors included melatonin at concentrations of without-prim, 0, 25, 50, 75, 100 and 125 µM as the first factor, and different levels of salinity included 0, 25, 50, 75 and 100 mM sodium chloride, as the second factor. The results showed that in salinity levels of 100 and 50 mM, melatonin with concentration of 100 µM increased the seedling proline. In non stress conditions, priming with 25, 75 and 100 µM melatonin increased seedling potassium content. Also, in 100 mM salinity stress, priming with 50 and 75 µM melatonin increased potassium content in the seedling. Priming reduced the sodium content of seedling at salinity levels of 100 and 75 mM by 25 and 75 µM melatonin concentrations respectively. Overall, the results of this study showed that chickpea tolerate salinity stress at germination stage up to 100 mM, and the use of melatonin at these stage due to salinity tolerance had not a significant effect on the physiological indices of the seeds, and only hydropriming in this condition compared to the non-primed by helping to absorb water by the plant has had a positive effect on the physiological process during germination.

Keywords: Proline, Malondialdehyde, Potassium, Sodium, Priming.

Corresponding author, Email: balouchi@yu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2023-06-08]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.35.25.6]