

ارزیابی تأثیر محلول پاشی ملاتونین و اسید آسکوربیک بر عملکرد دانه و موسیلاژ *Plantago ovate* Forssk.

مهدی نقی زاده^{۱*}، رزیتا کبیری^۲ و کبری مقصودی^۳

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پست الکترونیک: naghizadeh@uk.ac.ir

۲- دکترا، گروه تولیدات گیاهی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۳- پژوهشگر پسادکتری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۰

چکیده

اسید آسکوربیک و ملاتونین به عنوان محرک های زیستی، با تأثیر بر متابولیت های گیاه موجب تحریک بیوسنتز فیتوهورمون ها، تسهیل و افزایش جذب عناصر غذایی، ارتقاء مکانیسم های دفاعی، تحریک رشد ریشه و در نهایت افزایش کیفیت و کمیت محصول تولیدی می شوند. این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر محلول پاشی ملاتونین و اسید آسکوربیک بر عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه (*Plantago ovate* Forssk.) در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر دانشگاه شهید باهنر در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی با آب مقطر (شاهد)، ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار، اسید آسکوربیک ۱۰۰ میکرومولار و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + اسید آسکوربیک ۱۰۰ میکرومولار بودند. اعمال تیمارهای محلول پاشی از زمان استقرار کامل گیاهچه ها (۳-۴ برگی) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه ها ادامه یافت (۴ مرتبه به فاصله هر دو هفته یک بار). نتایج نشان داد محلول پاشی ملاتونین و اسید آسکوربیک (کاربرد تکی و یا توأم) موجب افزایش معنی دار تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه اسفرزه شد. بیشترین عملکرد دانه از محلول پاشی ملاتونین (۵۹/۹۸ گرم در مترمربع) و ملاتونین + اسید آسکوربیک (۶۱/۸۵ گرم در مترمربع) بدون اختلاف آماری معنی دار با یکدیگر حاصل شد. محلول پاشی اسید آسکوربیک نیز به طور معنی داری افزایش ۶/۶۱ درصدی عملکرد دانه را در مقایسه با کنترل به همراه داشت. محلول پاشی اسید آسکوربیک، ملاتونین و اسید آسکوربیک + ملاتونین به ترتیب افزایش ۱۲/۲۹، ۱۹/۸۹ و ۲۳/۸۰ درصدی موسیلاژ را در مقایسه با کنترل به همراه داشت. کاربرد ملاتونین به صورت تکی و یا ترکیبی با اسید آسکوربیک، بدون اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر، بیشترین تأثیر مثبت را در افزایش درصد موسیلاژ به همراه داشت. میزان عملکرد موسیلاژ در تیمارهای کنترل، اسید آسکوربیک، ملاتونین و نیز ملاتونین + اسید آسکوربیک به ترتیب ۱۰/۰۳، ۱۳/۴۷، ۱۴/۹۴ و ۱۵/۶۴ گرم در مترمربع بود. براساس نتایج بدست آمده می توان بیان داشت محلول پاشی ملاتونین و اسید آسکوربیک توانست عملکرد کمی و کیفی اسفرزه را بهبود ببخشد و در بین تیمارها، کاربرد توأم آنها مؤثرتر بود.

واژه های کلیدی: تنظیم کننده های رشد گیاهی، درصد موسیلاژ، محرک رشد، گیاه دارویی.

مقدمه

تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی در سراسر جهان رو به افزایش است. گیاه دارویی ارزشمند اسفرزه با نام علمی *Plantago ovata* متعلق به تیره بارهنگ می‌باشد و از نظر موسیلاژ موجود در بذرها، آن، حائز اهمیت بوده و کاربردهای متنوع و فراوانی در پزشکی و صنعت دارد (Carrubba et al., 2001). موسیلاژ به‌عنوان فیبر غذایی محلول، به‌عنوان ملین، پایین‌آورنده قند خون، کمک به کاهش وزن، کاهش کلسترول خون، کمک به سلامت قلب و نیز دارای اثرهای پری‌بیوتیکی شناخته شده است (Rotblatt, 2000). بین سه گونه اصلی جنس *Plantago* (*P. ovata* و *P. psyllium* و *P. major*)، بیشترین میزان موسیلاژ مربوط به گونه *Plantago ovata* می‌باشد (Ebrahimzadeh Maboud et al., 1996).

برخی از انواع موسیلاژ برای درمان زخم‌های پوستی و التهاب معده بکار می‌رود و یا نقش پیشگیری‌کننده دارد (Guevara-Arauz et al., 2012). فیبرهای غذایی محلول به‌دلیل نقش‌های مفید متعدد بر بدن انسان، ازجمله نقش پری‌بیوتیکی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. پری‌بیوتیک‌ها اجزای غیر قابل هضم غذاها هستند که ضمن تحریک انتخابی رشد و فعالیت گروه‌های ویژه‌ای از باکتری‌های روده انسان، ازجمله باکتری‌های پری‌بیوتیک، بهبود سلامت فرد را به همراه دارند (Gibson & Roberfroid, 1995). محققان مختلف گزارش کرده‌اند که گیاه دارویی اسفرزه به دلیل داشتن موسیلاژ، نقش پری‌بیوتیکی دارد (Fujimori et al., 2007؛ Fujimori et al., 2009). رشد بعضی از باکتری‌های پری‌بیوتیک به‌وسیله گیاه اسفرزه حکایت از قابلیت این گیاه در ایفای نقش پری‌بیوتیکی دارد (Esmailzadeh et al., 2016). باوجوداین نقش پری‌بیوتیکی اسفرزه در برخی مطالعات مورد سؤال قرار گرفته، به‌طوری که فقط پس از فرایندهایی مانند هیدرولیز شدن سبب افزایش رشد برخی باکتری‌های پری‌بیوتیک شده است (Elli et al., 2008). البته اثرهای مفید کاربرد گیاه اسفرزه در بهبود شرایط روده، در بعضی از

مطالعات انسانی تأیید شده است (Fujimori et al., 2009). به‌طوری که این گیاه در درمان بیماری کرون که یکی از بیماری‌های دستگاه گوارش می‌باشد، نقش قابل توجهی دارد (Esmailzadeh et al., 2016).

استفاده از محرک‌های زیستی با هدف دستیابی به افزایش کیفیت و پایداری عملکرد گیاهان زراعی و دارویی از اهمیت بالایی برخوردار است (Shaheen et al., 2010)؛ (Fawzy et al., 2012). محرک‌های زیستی، با تأثیر بر متابولیت‌های گیاه موجب تحریک بیوسنتز فیتوهورمون‌ها، تسهیل و افزایش جذب عناصر غذایی، ارتقاء سازوکارهای دفاعی، تحریک رشد ریشه و در نهایت افزایش و بهبود کمیّت و کیفیت محصول می‌شوند (Fawzy et al., 2012). در این زمینه، کاربرد آسکوربیک اسید و ملاتونین به‌عنوان محرک‌های زیستی، برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول تولیدی اهمیت دارد و به‌عنوان بخشی از یک راهکار تلفیقی، عملی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای افزایش رشد کمی و کیفی گیاهان معرفی شده است (Zhang et al., 2015؛ Kostopoulou et al., 2015). ملاتونین (N-استیل ۵-متوکسی تریپتامین) یک ترکیب ایندولی است. اگرچه محل دقیق بیوسنتز آن و سازوکار اثربخشی آن به‌طور دقیق مشخص نیست. اما احتمال دارد محل بیوسنتز آن کلروپلاست و میتوکندری باشد (Janas & Posmyk, 2013؛ Arnao & Hernández-Ruiz, 2015). ملاتونین در گیاهان عالی در قسمت‌های مختلف مانند برگ، ساقه، گل، میوه، ریشه، هیپوکوتیل و بذر گیاه وجود دارد (Zhang et al., 2015). ملاتونین ریشه‌زایی گیاه را از طریق القای هورمون اکسین و تولید اندام هوایی گیاه به‌دلیل افزایش هورمون سیتوکینین تنظیم می‌کند، در نتیجه ملاتونین به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی شناخته شده است (Arnao, 2014). ملاتونین به دلیل طبیعت دوگانه چربی‌دوست و آب‌دوست بودن، می‌تواند از عرض غشاء عبور کرده و وارد سلول شود. در میان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، ملاتونین به‌عنوان قوی‌ترین مولکول با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، دارای بیشترین توانایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است (Zhang et al., 2015).

سازوکار این است که آسکوربیک اسید به عنوان آنتی‌اکسیدان به‌طور مستقیم در از بین بردن پراکسید هیدروژن تولید شده به‌وسیله احیای نوری اکسیژن در فتوسیستم I عمل می‌کند. دوم اینکه مونوهدیدرو آسکوربات تولید شده به‌وسیله آسکوربات پراکسیداز به‌طور مستقیم پذیرنده الکترون در فتوسیستم I است. سوم اینکه آسکوربیک اسید کوفاکتوری برای چرخه آنزیم ویولاگزانتین دی‌پوکسیداز، کاتالیزکننده ویولاگزانتین به زاگزانتین (در چرخه گزانتوفیل) است که برای فعالیت خود به آسکوربات نیاز دارد. در واقع این چرخه گیاهان را در برابر آسیب‌های ناشی از اکسیداسیون نوری حفاظت می‌کند (Taqi *et al.*, 2011). البته تأثیر مثبت کاربرد آسکوربیک اسید بر رشد و نمو و نیز محصول تولیدی در گیاهان مختلف گزارش شده است (Arab *et al.*, 2016; Ghorbanli *et al.*, 2010; Soha *et al.*, 2010).

تأثیر مثبت کاربرد آسکوربیک اسید (Nasiri *et al.*, 2018; Salehi *et al.*, 2016) و ملاتونین (Amoozadeh *et al.*, 2019; Mohammadi *et al.*, 2019) در شرایط نرمال و عدم تنش، بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان مختلف، توسط محققان گزارش شده است. با توجه به اهمیت گیاه اسفرزه به‌عنوان یک گیاه دارویی با ارزش در صنعت داروسازی و به لحاظ داشتن موسیلاژ فراوان و ارزش اقتصادی بالای آن، بنابراین هدف از اجرای این پژوهش بررسی برهم‌کنش ترکیب‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد ملاتونین و آسکوربیک اسید بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و میزان موسیلاژ اسفرزه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلخانه‌ای برای ارزیابی تأثیر کاربرد ملاتونین و آسکوربیک اسید بر عملکرد کمی و کیفی اسفرزه، در سال ۱۳۹۹ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا شد. گلخانه دارای رژیم حرارتی ۲۲/۲۵ درجه سانتی‌گراد (شب/روز)، دوره روشنایی/تاریکی ۱۰/۱۴ ساعت و رطوبت نسبی ۶۰٪ بود.

ملاتونین (Arnao & Hernández-Ruiz, 2015; *al.*, 2015) علاوه بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی، نقش بسزایی در فرایندهای جوانه‌زنی، رشد و نمو ریشه و اندام هوایی (Janas & Posmyk, 2013; Arnao & Hernández-Ruiz, 2015) افزایش سطح برگ و بیوماس، ممانعت از بیوسنتز آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل، به تعویق انداختن پیری برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز و کربوکسیلاسیون، افزایش میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها و بهبود کمیّت و کیفیت محصول تولیدی دارد (Zhang *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2014). ملاتونین با سایر آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله گلوکاتیبون، ویتامین E و ویتامین C اثر هم‌افزایی دارد و موجب کاهش صدمات اکسیداتیو در مولکول‌های حیاتی DNA، لیپیدها و پروتئین‌ها می‌شود. علاوه بر این، ملاتونین با حفظ فعالیت فتوشیمیایی غشاءهای کلروپلاستی و واکنش‌های کربوکسیلاسیون فتوسنتز و ثبات عملکرد فتوسیستم ۲ موجب کاهش تنش اکسیداتیو می‌گردد (Zhang *et al.*, 2015). ملاتونین هم بازدارنده و هم تحریک‌کننده رشد گیاهی است و اثر تحریک‌کنندگی و بازدارندگی آن به غلظت این ماده بستگی دارد (Turk; Zhang *et al.*, 2015; Janas & Posmyk, 2013; *et al.*, 2014).

آسکوربیک اسید یک احیاءکننده قوی و مولکولی کوچک و قابل حل در آب است که با اکسیدکننده‌ها واکنش دارد. این ماده به‌عنوان یکی از مهمترین آنتی‌اکسیدان‌های گیاه، در سم‌زدایی گونه‌های اکسیژن فعال از قبیل پراکسید هیدروژن و غیره مطرح است و در بسیاری از فرایندهای سلولی مانند فتوسنتز نقش اساسی دارد و موجب حفاظت نوری و مقاومت به تنش‌های محیطی می‌گردد (Soha *et al.*, 2010; Horemans *et al.*, 2000). آسکوربیک اسید، نقش مهمی در رشد و نمو گیاه به عهده دارد و به‌عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی اثر قابل ملاحظه‌ای بر تقسیم و رشد سلولی، چرخه تغذیه‌ای گیاه، سیستم انتقال الکترون و فرایندهای بیولوژیک دارد (Hendawy & El-Din, 2010). به‌طور کلی آسکوربیک اسید از طریق سه سازوکار در واکنش‌های بیوشیمیایی گیاهان نقش ایفاء می‌کند. اولین

سوندرام اندازه‌گیری گردید (Ebrahimzadeh Maboud *et al.*, 1996). در این روش یک گرم بذر خشک اسفرزه در ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال تا زمانی که در پوسته بذر تغییر رنگ بوجود آمد، جوشانده شد. پس از مشاهده این وضعیت، در واقع محلول موسیلاژ اولیه بدست آمد و به ظرف دیگر انتقال داده شد. سپس بذرهای باقی‌مانده در ظرف اول را چندین مرتبه با پنج میلی‌لیتر آب جوش شسته و به محلول موسیلاژ اولیه اضافه شد. در ادامه، ۶۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹۶٪ به محلول موسیلاژ بدست آمده اضافه و به مدت پنج ساعت در یخچال نگهداری شد. رسوب حاصل را پس از صاف کردن در آون در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۲ ساعت قرار گرفت و بعد مقدار موسیلاژ توزین شد.

عملکرد موسیلاژ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Ebrahimzadeh Maboud *et al.*, 1996).

$$\text{عملکرد موسیلاژ} = \frac{100}{\text{میزان موسیلاژ} \times \text{عملکرد دانه بذر}}$$

در نهایت آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

براساس نتایج بدست‌آمده مشخص گردید اگرچه محلول‌پاشی آسکوربیک اسید موجب افزایش ارتفاع بوته گیاه اسفرزه شد اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. در مقابل، کاربرد تکی ملاتونین و نیز کاربرد توأم آن با آسکوربیک اسید بدون اختلاف آماری معنی‌دار با یکدیگر، افزایش قابل ملاحظه ارتفاع بوته را به همراه داشت. به طوری که کاربرد ملاتونین و ملاتونین + آسکوربیک اسید به ترتیب موجب ۱۳/۵۵٪ و ۱۹/۷۵٪ افزایش ارتفاع بوته اسفرزه شد (جدول ۱).

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که تیمار محلول‌پاشی شامل کنترل (آب مقطر)، ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار، آسکوربیک اسید ۱۰۰ میکرومولار و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار + آسکوربیک اسید ۱۰۰ میکرومولار بود. یادآوری می‌شود که غلظت‌های ۱۰۰ میکرومولار آسکوربیک اسید و ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین بهینه‌سازی شدند.

بذرهای اسفرزه (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان)، در ۱۸ فروردین ۱۳۹۹، در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر، در عمق نیم سانتی‌متری کشت شدند (تراکم سه بوته در هر گلدان). در هر گلدان چهار کیلوگرم مخلوط خاک و خاک‌برگ به نسبت ۱:۴ خاک و خاک‌برگ اضافه شد. خاک مورد استفاده با بافت شنی-لومی، دارای اسیدیته ۷/۸، هدایت الکتریکی ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر، میزان ماده آلی ۰/۴۸٪، میزان پتاسیم ۳۰۰ ppm، میزان فسفر ۱۴ ppm و میزان نیتروژن کل ۰/۰۵٪ بود.

از ابتدای کاشت تا پایان آزمایش گلدان‌ها با آب معمولی و تا حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. محلول‌پاشی بوته‌های اسفرزه با ملاتونین، آسکوربیک اسید و ملاتونین + آسکوربیک اسید چهار هفته پس از کاشت و زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها (۳-۴ برگی) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ادامه یافت (۴ مرتبه به فاصله هر دو هفته یک‌بار). در هر بار محلول‌پاشی، با توجه به عدم وجود اطلاعات دقیق در مورد طول نیمه عمر ملاتونین و آسکوربیک اسید در گیاه و برای اطمینان از جذب شدن آن، محلول‌پاشی ملاتونین و آسکوربیک اسید روی برگ‌های گیاه اسفرزه به صورت دو مرتبه پیاپی انجام شد. همچنین به طور همزمان گیاهان کنترل نیز با آب مقطر تیمار شدند.

در زمان رسیدگی کامل (براساس مشاهده علائم ظاهری رسیدگی شامل قهوه‌ای شدن سنبله‌ها و صورتی شدن رنگ بذر در سنبله‌ها) برداشت گیاهان انجام شد و صفات تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه اسفرزه اندازه‌گیری شد. همچنین محتوی و مقدار موسیلاژ براساس روش کالیا

جدول ۱- ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه گیاه دارویی اسفرزه تحت تأثیر محلول پاشی تکی و توأم آسکوربیک اسید ۱۰۰ میکرومولار و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار

تیمارها	ارتفاع (سانتی متر)	تعداد پنجه در بوته	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	طول سنبله (سانتی متر)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)
کنترل	۱۶/۴۵c	۳/۰۷d	۱۲/۰۶c	۴۸/۱۸c	۲/۰۶d	۱/۴۱b	۴۹/۲۹c
آسکوربیک اسید	۱۷/۶۹bc	۳/۴۷c	۱۳/۴۳c	۵۲/۸۰b	۲/۱۲c	۱/۴۸b	۵۲/۷۸b
ملاتونین	۱۹/۰۳ab	۳/۶۳b	۱۶/۱۴b	۵۳/۷۰c	۲/۳۷b	۱/۵۳ab	۵۹/۹۸a
ملاتونین + آسکوربیک اسید	۲۰/۵۰a	۴/۰۰a	۱۹/۷۴a	۵۷/۶۷a	۲/۷۶a	۱/۸۷a	۶۱/۸۵a

در هر ستون حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

(جدول ۱).

در این پژوهش ارزیابی وزن هزاردانه گیاه دارویی اسفرزه حکایت از آن داشت که محلول پاشی آسکوربیک اسید و ملاتونین (به صورت تکی) هیچ گونه تأثیر آماری معنی داری بر وزن هزاردانه نداشت، در حالی که کاربرد توأم ملاتونین و آسکوربیک اسید افزایش ۲۴/۵۹ درصدی وزن هزاردانه اسفرزه را در مقایسه با کنترل به همراه داشت (جدول ۱).

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گیاه اسفرزه، بدون اختلاف آماری معنی دار با یکدیگر، از تیمارهای محلول پاشی ملاتونین (۵۹/۹۸ گرم در مترمربع) و ملاتونین + آسکوربیک اسید (۶۱/۸۵ گرم در مترمربع) حاصل شد. یادآوری می شود محلول پاشی آسکوربیک اسید نیز به طور معنی داری افزایش ۶/۶۱ درصدی عملکرد دانه را در مقایسه با کنترل به همراه داشت (جدول ۱).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده آن بود که محلول پاشی آسکوربیک اسید، ملاتونین و آسکوربیک اسید + ملاتونین به ترتیب افزایش ۱۲/۲۹، ۱۹/۸۹ و ۲۳/۸۰ درصدی موسیلاژ را در گیاه دارویی اسفرزه، در مقایسه با کنترل به همراه داشت (شکل ۱- A). همانگونه که در شکل ۱- A ارائه شده است کاربرد ملاتونین به صورت تکی و یا ترکیبی با آسکوربیک اسید، بدون اختلاف آماری معنی دار با یکدیگر، بیشترین تأثیر مثبت را در افزایش درصد موسیلاژ به همراه داشت.

در این پژوهش تعداد پنجه در بوته گیاه اسفرزه به طور معنی داری تحت تأثیر کاربرد آسکوربیک اسید و ملاتونین قرار گرفت. به طوری که محلول پاشی بوته ها با آسکوربیک اسید، ملاتونین و ملاتونین + آسکوربیک اسید به ترتیب باعث افزایش ۲۳/۲۵، ۱۳/۲۵ و ۹/۲۵ درصدی تعداد پنجه در بوته گیاه دارویی اسفرزه، در مقایسه با کنترل شد. همانگونه که در جدول ۱ دیده می شود تأثیر مثبت محلول پاشی آسکوربیک اسید بیشتر از اثر محلول پاشی ملاتونین به تنهایی و یا ترکیبی با آسکوربیک اسید بود (جدول ۱).

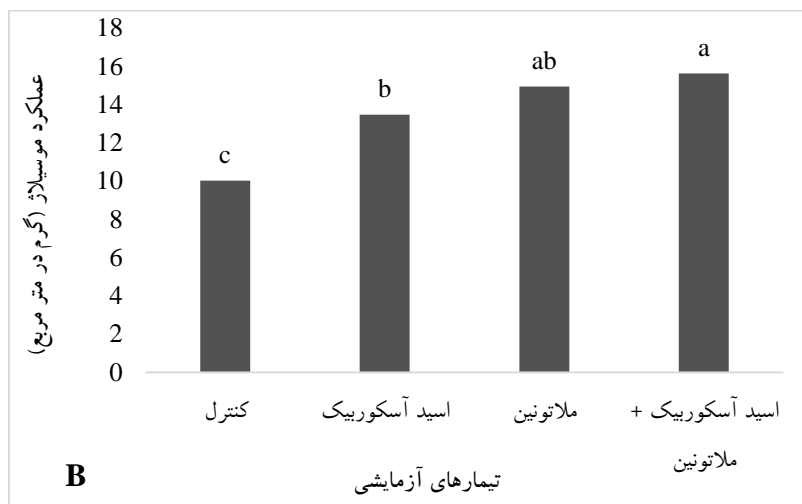
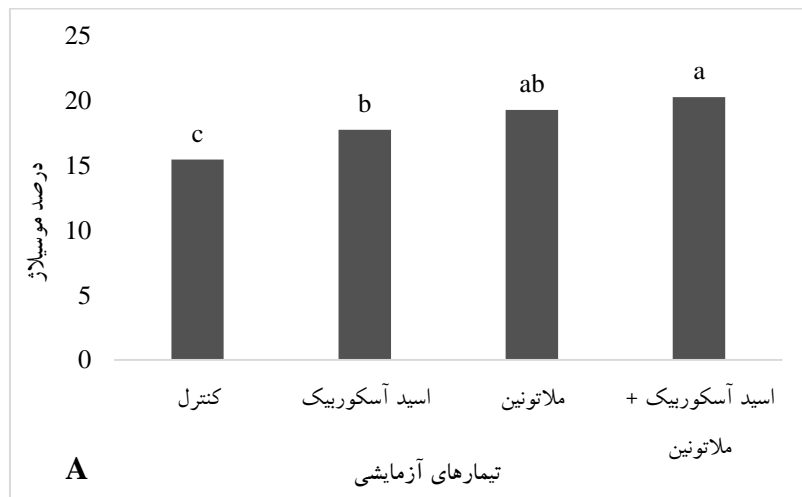
براساس نتایج این پژوهش مشخص گردید که محلول پاشی بوته های اسفرزه با آسکوربیک اسید هیچگونه تأثیر آماری معنی داری بر صفت تعداد سنبله در بوته نداشت. در مقابل کاربرد ملاتونین به تنهایی و نیز ترکیبی با آسکوربیک اسید به ترتیب افزایش ۱۶/۷۹ و ۳۱/۹۶ درصدی تعداد سنبله را در بوته به همراه داشت (جدول ۱). همچنین اگرچه محلول پاشی ملاتونین اثر معنی داری بر صفت تعداد دانه در سنبله نداشت، اما محلول پاشی آسکوربیک اسید به تنهایی و یا ترکیبی با ملاتونین افزایش قابل ملاحظه این پارامتر را به همراه داشت و بیشترین تأثیر مثبت از محلول پاشی ملاتونین + آسکوربیک اسید حاصل شد (جدول ۱). همانگونه که در جدول ۱ ارائه شده است کاربرد تکی و یا توأم ملاتونین و آسکوربیک اسید، افزایش معنی دار طول سنبله گیاه اسفرزه را به همراه داشت و بیشترین طول سنبله در تیمار ملاتونین + آسکوربیک اسید مشاهده شد

آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی، نه تنها در شرایط تنش‌های محیطی (Arab *et al.*, 2016؛ Shamsi, 2010) بلکه در شرایط عدم تنش نیز موجب بهبود رشد و افزایش محصول تولیدی می‌گردد (Salehi *et al.*, 2016؛ Nasiri *et al.*, 2018). براساس نتایج حاصل از این پژوهش نیز مشخص شد که محلول‌پاشی آسکوربیک اسید موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد و نیز درصد و عملکرد موسیلاژ گیاه اسفرزه در مقایسه با کنترل در شرایط عدم تنش گردید (جدول ۱ و شکل ۱).

علاوه‌براین، عملکرد موسیلاژ نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر مثبت کاربرد ملاتونین و آسکوربیک اسید قرار گرفت. به‌طوری‌که میزان عملکرد موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه در تیمارهای کنترل (محلول‌پاشی با آب)، آسکوربیک اسید، ملاتونین و نیز ملاتونین + آسکوربیک اسید به ترتیب ۱۰/۰۳، ۱۳/۴۷، ۱۴/۹۴ و ۱۵/۶۴ گرم در مترمربع بود (شکل ۱-B).

بحث

آسکوربیک اسید به‌عنوان یکی از مهمترین



شکل ۱- درصد موسیلاژ (A) و عملکرد موسیلاژ (B) گیاه دارویی اسفرزه

تحت تأثیر محلول‌پاشی تکی و توأم آسکوربیک اسید ۱۰۰ میکرومولار و ملاتونین ۱۰۰ میکرومولار

در هر شکل حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

حفظ محتوای نسبی آب و بهبود فتوسنتز و افزایش بیوماس تولیدی گیاه می‌گردد (Shamsi, 2010). بنابراین به نظر می‌رسد در این پژوهش بهبود فتوسنتز موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به آغازه‌های رویشی پنجه‌ها شده و تعداد پنجه‌ها افزایش یافته و زمینه را برای افزایش تعداد سنبله در بوته اسفرزه فراهم کرده است، از سوی دیگر افزایش میزان مواد فتوسنتزی موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به سنبله و دانه شده و موجب حفظ دانه‌ها شده است. همچنین از سقط دانه‌ها نیز تا حدودی جلوگیری کرده و با افزایش طول دوره پر شدن دانه، در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه اسفرزه گردیده است.

آسکوربیک اسید در فعالیت چرخه تغذیه‌ای گیاهان نقش دارد (Arab *et al.*, 2016). همچنین این اسید بر تقسیم میتوز و رشد سلول‌های گیاهی مؤثر است. مصرف آسکوربیک اسید خارجی به‌عنوان یک فاکتور مهم در تنظیم بیوسنتز و علامت‌دهی هورمون‌های گیاهی در سطح بافت، می‌تواند نقش مؤثری در تنظیم فرایندهای رشدی گیاه داشته باشد (Taqi *et al.*, 2011). همچنین بر اتصالات عرضی پروتئین و پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی گیاه نقش ایفاء می‌کند. علاوه بر این، آسکوربات کوفاکتوری برای پرولین هیدروکسیلاز است که با انتقال باقی‌مانده‌های هیدروکسی پرولین به دیواره سلولی، در تقسیم سلولی و توسعه دیواره سلولی مؤثر می‌باشد (Moradi Tochali *et al.*, 2017). علاوه بر این، آسکوربیک اسید با بهبود سیستم ریشه‌ای گیاه، جذب عناصر غذایی و آب را افزایش می‌دهد و در نتیجه موجب رشد و نمو گیاه و در نهایت افزایش بیوماس تولیدی گیاه می‌شود (Barth *et al.*, 2006). در این زمینه می‌توان به گزارش‌هایی بر روی گیاهان گندم (Amin *et al.*, 2008)، گلرنگ (Arab *et al.*, 2016) و سیاهدانه (Ghorbanli *et al.*, 2010) اشاره کرد.

استفاده از محرک‌های رشد و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌صورت خارجی و محلول‌پاشی در بسیاری از موارد در کاهش اثرهای تنش‌های محیطی و نیز بهبود رشد و افزایش تولیدات گیاهی در شرایط بدون تنش مؤثر است.

محققان گزارش کردند که آسکوربات تقسیم سلولی را افزایش داده و سبب افزایش تعداد برگ و وزن خشک و تر برگ در گیاه می‌شود (Shamsi, 2010). با توجه به شواهد موجود آسکوربات نقش دوگانه در رشد سلول ایفاء می‌کند. از یک سو موجب تغییر چرخه سلولی و تحرکی تقسیم سلول می‌شود و از سوی دیگر، رشد طولی و گسترش سلولی را امکان‌پذیر می‌کند (Shigeoka *et al.*, 2002). علاوه بر این، آسکوربیک اسید بر تقسیم میتوز و رشد سلول‌های گیاه اثر می‌گذارد (Shigeoka *et al.*, 2002). این تنظیم‌کننده رشد گیاهی به‌عنوان سیگنال فیتوهورمونی در انتقال گیاه از مرحله رویشی به زایشی نقش ایفاء می‌کند (Barth *et al.*, 2006). نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته و نیز تعداد دانه در سنبله در گیاه اسفرزه شد (جدول ۱).

عملکرد دانه حاصلضرب اجزای عملکرد، یعنی تعداد واحد زایشی در واحد سطح، تعداد دانه در واحد زایشی و متوسط وزن هزاردانه است، در این پژوهش با توجه به اینکه آسکوربیک اسید موجب افزایش اجزای عملکرد اسفرزه شده است، به دنبال آن عملکرد دانه این گیاه نیز افزایش یافته است (جدول ۱). در همین راستا عرب و همکاران (Arab *et al.*, 2016) گزارش کردند که محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد دانه گیاه گلرنگ شد. در همین زمینه ارائه شده است که اسید آسکوربیک به‌عنوان یک کوفاکتور مهم در بیوسنتز بسیاری از هورمون‌های گیاهی، از طریق احیای این هورمون‌ها سبب تعدیل آثار تنش، افزایش تقسیم و گسترش سلولی و موجب افزایش تعداد دانه، وزن دانه و در نتیجه عملکرد تولیدی محصول می‌شود (Vatankhah *et al.*, 2016). گزارش شده است خواص آنتی‌اکسیدانی اسید آسکوربیک با بهبود فتوسنتز موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه، افزایش طول دوره پر شدن دانه و افزایش وزن هزاردانه می‌گردد. اسید آسکوربیک تولید مواد تنظیم‌کننده اسمزی از جمله کربوهیدرات‌ها و پرولین را در جهتی القاء کرده که سبب

ملاتونین بر چگونگی بهبود رشد ریشه و اندام هوایی به طور دقیق شناخته شده نیست، با این حال احتمال دارد این هورمون با تغییر تعادل هورمونی گیاه، موجب افزایش هورمون‌های سیتوکینین و اکسین شده و در نتیجه بهبود رشد گیاه را به همراه داشته باشد (Sarropoulou *et al.*, 2012). ملاتونین از فعالیت آنزیم کلروفیل‌از و نیز آنزیم Pheophorbide-a oxygenase به عنوان یک آنزیم مهم در تجزیه کلروفیل، جلوگیری کرده و در نتیجه باعث حفظ و افزایش میزان کلروفیل گیاه، به تعویق افتادن پیری برگ، بهبود عملکرد فتوسیستم II و در نهایت افزایش کارایی فتوسنتز گیاه می‌گردد (Turk *et al.*, 2014). در همین راستا محققان بیان کردند که ملاتونین با تغییر بیان ژن یک پروتئین که طی دوره پیری برگ در تجزیه کلروفیل نقش دارد، از کلروفیل محافظت می‌کند. همچنین ملاتونین به عنوان جاروب‌کننده ROS و فعال‌کننده آنتی‌اکسیدان‌ها، بر پایداری غشاء اثر گذاشته و موجب پایداری کلروپلاست و جلوگیری از تجزیه کلروفیل می‌شود (Wang *et al.*, 2014). از سویی ملاتونین با بهبود کارایی فتوسیستم II و افزایش هدایت روزنه و در نتیجه انتشار گاز دی‌اکسیدکربن به داخل گیاه، موجب حفظ ظرفیت بالای آسیمیلاسیون دی‌اکسیدکربن می‌شود. از جمله نقش‌های کلیدی ملاتونین در گیاه در رابطه با فتوسنتز و محافظت نوری است. اثر ملاتونین بر فتوسنتز و فعالیت آنزیم‌هایی مانند روپیسکو می‌تواند بر تولید خالص اولیه تأثیر مثبت داشته باشد و در نهایت موجب افزایش رشد گیاه شود (Li *et al.*, 2014؛ Janas & Posmyk, 2013).

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش اگرچه محلول‌پاشی تکی آسکوربیک اسید و ملاتونین بهبود عملکرد دانه و عملکرد موسیلاژ را به همراه داشت، اما بیشترین تأثیر مثبت و قابل ملاحظه از کاربرد توأم این مواد حاصل شد. به عبارت دیگر اثر سینرژیسمی ملاتونین با آسکوربیک اسید منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه، درصد موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ اسفرزه گردید (جدول ۱ و شکل ۱). اثر هم‌افزایی و سینرژیسمی ملاتونین

استفاده از ترکیب‌هایی که بتوانند اثرهای تنش‌های محیطی را کاهش دهند، از لحاظ تئوری و کاربردی اهمیت فراوانی دارند. یکی از محرک زیستی شناخته شده و ترکیب‌هایی که در ایجاد مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها و نیز بهبود رشد در شرایط نرمال مؤثر است، ملاتونین می‌باشد (Li *et al.*, 2014؛ Janas & Posmyk, 2013؛ Zhang *et al.*, 2015؛ Byeon & Back, 2013).

در این پژوهش محلول‌پاشی گیاه اسفرزه با ملاتونین در شرایط نرمال و عدم تنش، موجب افزایش اجزای عملکرد، عملکرد دانه و نیز عملکرد موسیلاژ این گیاه شد (جدول ۱ و شکل ۱). در همین راستا گزارش شده است که در شرایط عدم تنش، ملاتونین موجب بهبود و افزایش رشد رویشی گیاه اسفناج شد که به دنبال آن گیاه مدت زمان بیشتری در مرحله رویشی باقی ماند و انتقال گیاه به مرحله زایشی به تأخیر افتاد (Amoozadeh *et al.*, 2019). مشابه نتایج این پژوهش مشخص گردید که محلول‌پاشی ملاتونین در شرایط عدم تنش، موجب افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد سویا (Mohammadi *et al.*, 2019) و جو (Arnao & Hernández-Ruiz, 2009) شد. در همین زمینه محققان گزارش کردند که گیاهان برنج تراریخته غنی از ملاتونین، تحت شرایط مزرعه قوی‌تر ظاهر شدند و ارتفاع و بیوماس بیشتری نسبت به انواع وحشی گیاه داشتند (Byeon & Back, 2014). ترکیب‌های ایندولی مانند ملاتونین، با تأثیر بر سازوکارهای مختلف فیزیولوژیک از جمله فتوسنتز، تنفس، جذب یون، نفوذپذیری غشاء، فعالیت آنزیم‌ها و نیز هورمون‌ها، رشد و تولید بیوماس گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Li *et al.*, 2014؛ Janas & Posmyk, 2013؛ Zhang *et al.*, 2015).

در گیاهان، ملاتونین از نظر مسیر بیوسنتز و فرایندهای فیزیولوژیکی، اشتراکات فراوانی با هورمون اکسین دارد. همچنین ملاتونین از لحاظ ساختاری شبیه اکسین است و نقشی مشابه این هورمون دارد که موجب شکل‌گیری ریشه و طویل شدن کلئوپتیل و در نهایت بهبود رشد رویشی گیاه می‌گردد (Zhang *et al.*, 2015). اگرچه سازوکار اثر

- Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, 20: 41-50.
- Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Reza Asghari, H., Gholami, A. and Rahimi, M., 2016. The effect of ascorbic acid and sodium nitroprusside foliar application on seed yield, oil and some agronomical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 9(1): 15-27.
 - Arnao, M.B. and Hernandez-Ruiz, J., 2009. Protective effect of melatonin against chlorophyll degradation during the senescence of barley leaves. *Journal of Pineal Research*, 46: 58-63.
 - Arnao, M.B. and Hernandez-Ruiz, J., 2015. Functions of melatonin in plants: a review. *Journal of Pineal Research*, 59(2): 133-150.
 - Arnao, M.B. and Hernandez-Ruiz, J., 2018. Melatonin and its relationship to plant hormones. *Annals of Botany*, 121(2): 195-207.
 - Arnao, M.B., 2014. Phytomelatonin: discovery, content, and role in plants. *Advances in Botany*, 10: 45-68.
 - Barth, C., Tuillo, M.D. and Conklin, P.L., 2006. The role of ascorbic acid in the control of flowering time and the onset of senescence. *Journal of Experimental Botany*, 57: 1657-1665.
 - Byeon, Y. and Back, K., 2014. An increase in melatonin in transgenic rice causes pleiotropic phenotypes, including enhanced seedling growth, delayed flowering, and low grain yield. *Journal of Pineal Research*, 56(4): 408-414.
 - Byeon, Y. and Back, K.W., 2013. Melatonin synthesis in rice seedlings in vivo is enhanced at high temperatures and under dark conditions due to increased serotonin N-acetyltransferase and N-acetylserotonin methyltransferase activities. *Journal of Pineal Research*, 56(2): 189-195.
 - Carrubba, A., La Torre, R. and Matranga, A., 2001. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid mediterranean environment. *Acta Horticulturae*: 576.
 - Ebrahimzadeh Maboud, H., Mir Masoumi, M. and Fakhrat Tabatabai, S.M., 1996. Investigation of mucilage production aspects in several regions of Iran with cultivation of asparagus, turmeric and psyllium. *Journal of Research and Construction*, 4(33): 83-97.
 - Elli, M., Cattivelli, D., Soldi, S., Bonatti, M. and Morelli, L., 2008. Evaluation of prebiotic potential of refined psyllium (*Plantago ovata*) fiber in healthy women. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 42: 174-176.
 - Esmaeilzadeh, J., Nazemiyeh, H., Maghsoodi, M. and Lotfipour, F., 2016. Evaluation of the effect of psyllium on the viability of lactobacillus acidophilus و آسکوربیک اسید در ژنوتیپ‌های گندم رشد کرده تحت شرایط تنش خشکی نیز ارائه شده است. به طوری که بیشترین تجمع اسمولیت‌های سازگار و نیز فعالیت سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در شرایط کاربرد توأم ملاتونین و آسکوربیک اسید حاصل شد (Zafar et al., 2020). در همین زمینه محققان دیگر نیز به تأثیر هم‌افزایی آسکوربیک اسید و ملاتونین بر بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه در شرایط تنش و یا عدم تنش‌های محیطی اشاره کرده‌اند (Arnao & Hernández-Ruiz, 2018).
- به طور کلی بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان بیان کرد که محلول پاشی تکی و یا توأم بوته‌های گیاه دارویی اسفرزه با اسید آسکوربیک و ملاتونین منجر به افزایش عملکرد دانه، درصد موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ این گیاه در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی شد. بنابراین به نظر می‌رسد تأثیر محلول پاشی با اسید آسکوربیک و ملاتونین بر افزایش عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی ارزشمند اسفرزه، راهکاری مناسب برای دستیابی به افزایش تولید این گیاه و بهبود شرایط اقتصادی کشاورزان باشد و در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، برخی از روش‌های مدیریت زراعی از جمله کاربرد اسید آسکوربیک و ملاتونین آسان‌تر، ارزان‌تر و زود بازده‌تر می‌باشد. در مجموع با توجه به نتایج بدست‌آمده از این پژوهش می‌توان محلول پاشی آسکوربیک اسید و ملاتونین را به صورت تکی و یا توأم (با تأثیر بیشتر کاربرد توأم) برای افزایش عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه پیشنهاد کرد.

منابع مورد استفاده

- Amin, A.A., Rashad, E.M. and Gharib A.E., 2008. Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(2): 252-261.
- Amoozadeh, S., Dashti, F. and Sarikhani, H., 2019. Effect of seed priming and foliar application of melatonin on growth and flowering characteristics of spinach (*Spinacia oleracea* cv. Varamin 88).

- stomatal behaviour in two *Malus* species under drought stress. *Journal of Experimental and Botany*, 66: 669-680.
- Mohammadi, Y., Baradaran Firoozabadi, M., Gholami, A. and Macarian, H., 2019. The effect of melatonin and vitamin B vitamin b on growth indices, leaf aging and soy function components. *Journal of Crop Production*, 12: 173-190.
 - Moradi Tochali, M., Seiphzade, S., Zakerin, H.M. and Valadabadi, A.R., 2017. Investigation the effect of methanol and ascorbic acid folia application on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Crop Physiology Journal*, 9(36): 65-82.
 - Nasiri, Y., Baghban Akbari, P., Nourain, M. and Amini, R., 2018. Evaluation of application of animal manure, vermicompost and foliar application with ascorbic acid and humic substances on production of *Dracocephalum moldavica* L. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 93: 83-101.
 - Rotblatt, M., 2000. Herbal medicine: expanded commission E monographs. *Annals of Internal Medicine*, 133(6): 487-487.
 - Salehi, M., Safari, V.R. and Farahmand, H., 2016. The effect of foliar application of benzyl adenine, ascorbic acid and thiamine on some properties Morphological and biochemical morphology of *Petunia* hybrid. *Journal of Crop Production and Processing*, 6(19): 165-175.
 - Sarropoulou, V.N., Dimassi-Therious, 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: 162-168.
 - Shaheen, A., Rizk, F.A., Habib, H.A. and Abdel Baky, M., 2010. Nitrogen soil dressing and foliar spraying by sugar and amino acids as affected the growth, yield and its quality of onion plant. *Journal of American Science*, 6(8): 420-427.
 - Shamsi, K., 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 8: 1051-1060.
 - Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tami, M. and Miyagawa, Y., 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1305-1319.
 - Soha, E., Nahed, G. and Bedour, H., 2010. Effect of water stress, Ascorbic acid and spraying time on some morphological and biochemical composition of *Ocimum basilicum* plant. *Journal of American Science*, 6: 33-44.
 - in alginate-polyly lysine beads. *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, 6(3): 337-345.
 - Fawzy, Z., Li, Y., Ouyang, Z. and Hoda, A., 2012. Influence of foliar application by effective microorganisms, amino acids and yeast on growth, yield and quality of two cultivars of onion plants under newly reclaimed soil. *Journal of Agricultural Science*, 4(11): 26-35.
 - Fujimori, S., Gudis, K., Mitsui, K., Seo, T., Yonezawa, M., Tanaka, S., Tatsuguchi, A. and Sakamoto, C., 2009. A randomized controlled trial on the efficacy of synbiotic versus probiotic or prebiotic treatment to improve the quality of life in patients with ulcerative colitis. *Nutrition*, 25(5): 520-525.
 - Fujimori, S., Tatsuguchi, A., Gudis, K., Kishida, T., Mitsui, K., Ehara, A., Kobayashi, T., Sekita, Y., Seo, T. and Sakamoto, C., 2007. High dose probiotic and prebiotic cotherapy for remission induction of active Crohn's disease. *Journal of gastroenterology and Hepatology*, 22(8): 1199-1204.
 - Ghorbanli, M., Adib Hashemi, N. and Peyvandi, M., 2010. Study of salinity and ascorbic acid on some physiological responses of *Nigella sativa* L. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 26(3): 370-388.
 - Gibson, G.R. and Roberfroid, M.B., 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6): 1401-1412.
 - Guevara-Arauz, R.E.S., de Jesús Ornelas-Paz, J.C., Pimentel-González, J., Mendoza, D.J., Guerra, S.R. and Maldonado, L.M.P., 2012. Prebiotic effect of mucilage and pectic-derived oligosaccharides from nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Food Science and Biotechnology*, 21(4): 997-1003.
 - Hendawy, S. and El-Din, A.A.E., 2010. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. *azoricum* as influenced by some vitamins and amino acids. *Ozean Journal of Applied Science*, 3(1): 113-122.
 - Horemans, N., Foyer, C.H., Potters, G. and Asard, H., 2000. Ascorbate function and associated transport system in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38: 531-540.
 - Janas, K.M. and Posmyk, M.M., 2013. Melatonin, an underestimated natural substance with great potential for agricultural application. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(12): 3285-3292.
 - Kostopoulou, Z., Therios, L., Roumeliotis, E., Kanellis, A.K. and Molassiotis, A., 2015. Melatonin combined with ascorbic acid provides salt adaptation in *Citrus aurantium* L. seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 86: 155-165.
 - Li, C., Tan, D.X., Liang, D., Chang, C., Jia, D. and Ma, F., 2014. Melatonin mediates the regulation of ABA metabolism, free-radical scavenging, and

- Wang, P., Sun, X., Xie, Y., Li, M., Chen, W., Zhang, S., Liang, D. and Ma, F., 2014. Melatonin regulates proteomic changes during leaf senescence in *Malus hupehensis*. *Journal of Pineal Research*, 57(3): 291-307.
- Zafar, S., Akhtar, M., Perveen, S., Hasnain, Z. and Khalil, K., 2020. Attenuating the adverse aspects of water stress on wheat genotypes by foliar spray of melatonin and indole-3-acetic acid. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26: 1751-1762.
- Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, S.H. and Guo, Y.D., 2015. Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants. *Journal of Experimental Botany*, 66: 647-56.
- Taqi, A.K., Mohd, M. and Firoz, M., 2011. Ascorbic acid an enigamatic molecule to developmental and environmental stress in plants. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 2: 468-483.
- 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(2): 139-152.
- Vatankhah, E., Kalantari, B. and Andalibi, B., 2016. Effect of methyl jasmonate on some physiological and biochemical responses of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salt stress. *Journal of Plant Process and Function*, 5(17): 157-170.

Effects of melatonin and ascorbic acid foliar application on grain yield and mucilage of *Plantago ovata* Forssk.

M. Naghizadeh^{1*}, R. Kabiri² and K. Maghsoudi³

1*- Corresponding author, Department of Plant productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, E-mail: naghizadeh@uk.ac.ir

2- Department of Plant productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3- Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Received: August 2021

Revised: October 2021

Accepted: October 2021

Abstract

Ascorbic acid and melatonin as the biostimulants affect the biosynthesis of phytohormones, facilitate and increase the nutrients uptake, enhance the defense mechanisms, stimulate the root growth, and finally, increase the quality and quantity of the product by affecting the plant metabolites. This study was conducted in a randomized complete block design with three replications to investigate the effects of foliar application of melatonin and ascorbic acid on the grain yield and mucilage content of *Plantago ovata* Forssk. in the research greenhouse of Bardsir Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman in 2020. The experimental treatments included the foliar application of distilled water (control), melatonin 100 μM , ascorbic acid 100 μM , and melatonin 100 μM + ascorbic acid 100 μM . The foliar application treatments continued from the time of complete establishment of seedlings (3-4 leaves) to the physiological maturity stage of seeds (four times every two weeks). The results showed that the foliar application of melatonin and ascorbic acid (single and combined application) enhanced the number of tillers per plant, number of spikes per plant, spike length, number of seeds per spike, and 1000-seed weight significantly. The highest grain yield was obtained from the foliar application of melatonin (59.98 g.m^{-2}) and melatonin + ascorbic acid (61.85 g.m^{-2}) without statistically significant differences with each other. The ascorbic acid foliar application also significantly increased the grain yield by 6.61% compared to the control. The foliar application of ascorbic acid, melatonin, and melatonin + ascorbic acid increased the mucilage content by 12.29, 19.89, and 23.80%, respectively compared to the control. The application of melatonin alone or in combination with the ascorbic acid, without statistically significant differences with each other, had the greatest positive effect on increasing the mucilage percentage. The mucilage yield was obtained 10.03, 13.47, 14.94, and 15.64 g.m^{-2} in the control, ascorbic acid, melatonin, and melatonin + ascorbic acid treatments, respectively. Based on the results, it can be concluded that the foliar application of melatonin and ascorbic acid could improve the quantitative and qualitative yield of *P. ovata*, and among the treatments their combined application was more effective.

Keywords: Plant growth regulators, mucilage percentage, growth stimulant, medicinal plant.