Archiv

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۸
۱۷۳-۱۹۰
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.16549.2237

اثر محلول‌پاشی ملاتونین و ویتامین‌های گروه ب بر شاخص‌های رشدی، پیری برگ و اجزای عملکرد سویا

یوسف محمدی[۱]، مهدی برادران فیروزآبادی[۲*]، احمدغلامی[۲]، حسن مکاریان[۲]

[۱]دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود
[۲]دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: سویا به‌عنوان منبع مهم پروتئین و روغن غذای انسان و پروتئین خوراک دام مطرح می‌باشد. بخش مهمی از دوره رشد این گیاه در تابستان قرار دارد که به‌طور معمول با مجموعه‌ای از تنش‌ها مانند گرما، خشکی و حتی شوری روبرو خواهد بود که آثار منفی بر رشد و عملکرد این گیاهان می‌گذارد. احتمالاً می‌توان با کاربرد خارجی ترکیباتی موجب کاهش اثرات منفی تنش‌های وارده به گیاه شد و افزایش عملکرد و کیفیت محصول را نتیجه گرفت. با توجه به خواص مثبت ضد تنشی ویتامین‌های گروه B و ملاتونین این‌گونه درک می‌شود که شاید بتوان با اعمال این مواد روی گیاه زراعی سویا به‌صورت محلول‌پاشی آثار مثبتی از افزایش رشد و عملکرد ناشی از بهبود فرآیندهای فیزیولوژیک به‌ویژه در شرایط تابستان به‌دست آورد. ازاین‌رو در این پژوهش به بررسی این موضوع و نحوه اثر این مواد بر گیاه سویاروی رقم DPX از منظر زراعی، فیزیولوژیک و کیفی در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی شاهرود به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها: تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح محلول‌پاشی ملاتونین (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار) و ٦ سطح محلول‌پاشی با ویتامین‌های گروه B (شاهد، تیامین (ب ۱)، ریبوفلاوین (ب ۲)، نیاسین (ب ۳)، اسید پانتوتنیک (ب ۵) و پیریدوکسین (ب ٦) هرکدام با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند که در قالب یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹٦ سازماندهی شدند.

یافته‌ها: اثر متقابل ملاتونین و ویتامین ب بر سطح برگ، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد، عملکرد روغن و پروتئین دانه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و کاهش تخریب کلروفیل برگ معنی دار بود. بیشترین اثر بر صفات مورد بررسی مربوط به ترکیب تیماری ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسیدپانتوتنیک بود. محلول‌پاشی این دو ماده موجب کاهش روند تخریب کلروفیل برگ و افزایش حدوداً ۲ برابری باقیمانده کلروفیل نسبت به شاهد گردید. ترکیب تیماری اسیدپانتوتنیک و ملاتونین عملکرد روغن را ۵ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در دو سطح صفر و ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین اختلاف زیادی بین ویتامین‌های ب از لحاظ تاثیرگذاری بر این صفت وجود نداشت و اثرگذاری سطح ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین بیشتر بود. بین سطوح مختلف ویتامین‌های ب نیز اختلاف معنی‌داری از لحاظ شاخص سطح برگ مشاهده گردید. در این بین اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین مؤثرتر از بقیه بودند. کمترین مقدار عملکرد روغن دانه در تیمار عدم محلول‌پاشی با میانگین حدود ۲۱ گرم در مترمربع به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تمام ترکیبات تیماری آزمایش داشت. استفاده از ویتامین‌های ب همراه با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار از ملاتونین بالاترین مقادیر عملکرد روغن را نشان داد که بیشترین مقدار آن

*مسئول مکاتبه: m.baradaran.f@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت به سایر تیمارها مربوط به ترکیب تیماری اسیدپانتوتنیک و غلظت بالای ملاتونین با میانگین حدود ۱۰۶ گرم در مترمربع بود.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، می توان بیان نمود که استفاده از ملاتونین به همراه ویتامین‌های ب می‌تواند سبب القای تحمل درگیاه شود. بنابراین می‌توان جهت افزایش شاخص‌های رشدی و اجزای عملکرد سویا استفاده از ملاتونین و ویتامین ب را پیشنهاد داد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، روغن، صفات زراعی، ویتامین B

مقدمه

بخش مهمی از دوره رشد گیاهانی نظیر سویا در تابستان قرار دارد که به‌طور معمول با مجموعه‌ای از تنش‌ها مانند خشکی، گرما و حتی شوری روبرو خواهد بود که قطعاً آثار منفی بر رشد و عملکرد این گیاهان خواهد داشت. به‌طور طبیعی گیاهان از طریق افزایش ترکیبات و متابولیت‌ها در درون خود با این شرایط مقابله می‌کنند که البته بدون هزینه نخواهد بود، لذا احتمالاً می‌توان با کاربرد خارجی این‌گونه ترکیبات علاوه بر کاهش هزینه‌های گیاه، موجب کاهش اثرات منفی تنش‌های وارده به گیاه شد و افزایش عملکرد و کیفیت محصول را نتیجه گرفت (۹). امروزه کاربرد خارجی مواد مختلفی از جمله گلایسین بتائین، اسید سالیسیلیک، کاربرد انواع ویتامین‌ها (شامل اسید آسکوربیک، انواع ویتامین B)، متانول و غیره در راستای کاهش تأثیر تنش‌های مختلف بر رشد و عملکرد گیاه مطرح و مورد آزمون قرار گرفته است و نتایج مطلوبی نیز حاصل شده است (۲۰ و ۲۵). از جمله ویتامین‌هایی که اخیراً مورد توجه محققین قرار گرفته ویتامین‌های گروهB می‌باشد که علاوه بر نقش تنش زدایی و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها، می‌توانند با ورود به گیاه در پیشگیری از کمبود ویتامین‌ها و افزایش کیفیت مواد غذایی مورد استفاده انسان مؤثر باشند. ویتامین‌های گروه B محلول در آب هستند که شامل تیامین (B_1)، ریبوفلاوین (B_2)، نیاسین (B_3)، اسید پانتوتنیک (B_5)، پیریدوکسین (B_6)، بیوتین (B_7)، اسید فولیک (B_9) و کوبالامین (B_{12}) می‌باشد، که می‌توانند نقش مهمی در مهار گونه‌های فعال اکسیژن و همچنین تحریک غیرمستقیم ساخت پرولین داشته باشند که در مواجهه گیاه با تنش در مسیر پنتوز فسفات دخیل هستند (۶، ۸ و ۱۲). تیامین هیدروکلراید (ویتامینB_1) به‌عنوان کوآنزیم ضروری در تنفس سلولی و در دکربوکسیله شدن پیروات به استیل کوآنزیم آ نقش دارد و سبب ورود مواد اکسید کننده به سیکل کربس برای تولید انرژی و ایجاد مقاومت به تنش‌های زنده و غیرزنده در گیاهان می‌گردد (۱۵). در مطالعه هاواکس و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داده شد که کمبود ویتامین B_6 موجب افزایش حساسیت به تنش نور زیاد و اکسیداسیون نوری می‌گردد (۱۶). کاربرد خارجی ریبوفلاوین (B_2) مقاومت گیاه برنج را در برابر بیماری زنگ غلاف در برنج افزایش می‌دهد (۴۰). مطالعات متعددی نیز بیانگر اثر مثبت کاربرد پیریدوکسین در افزایش جذب ریشه و سرعت ظهور برگ و افزایش عملکرد (۴، ۲۲ و ۲۹)، افزایش جذب نیتروژن و فسفر (۳۶)، افزایش درصد جوانه‌زنی و تأثیر معنی‌دار بر مقدار کاتالاز و فعالیت آنزیم پراکسیداز بوده است (۱۰).

از موادی که اخیراً به‌صورت کاربرد خارجی جهت افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها و یا افزایش عملکرد و کیفیت آن‌ها در شرایط مزرعه استفاده می‌شود، ملاتونین است. ملاتونین مولکولی است که سودمندی‌اش برای انسان به‌خوبی شناخته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

ملاتونین همچنین در خیلی از فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان به‌صورت غیرمستقیم (واسطه) نقش دارد (۲۸). ملاتونین یک ترکیب طبیعی ایندول آمین مشتق شده از تریپتوفان (اناستیل ۵ متوکسی تریپتامین) است که ابتدا تصور می‌شد که فقط در جانوران وجود دارد (۳۰). ملاتونین اعمال مختلف فیزیولوژیکی را در گیاهان موجب می شود. این ترکیب علاوه بر نقش پیام رسانی تاریکی و تحریک تنظیم کننده‌های رشد، نقش قابل توجهی به‌عنوان فعالیت آنتی اکسیدانی مرتبط با محافظت گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو داخلی و محیطی بازی می‌کند (۳۵، ٤١ و ٤٩). ملاتونین به‌عنوان خط اول دفاع و حسگر داخلی تنش اکسیداتیو در گیاهان گزارش شده است (٤٢). برای مثال این مولکول مقاومت به خشکی، شکل‌گیری ریشه جانبی و سبز شدن بذر خیار را تحریک می‌کند (۵۰). ملاتونین از گیاهان در برابر خسارات ایجاد شده به‌واسطه محرک-های تنش شامل فلزات سنگین، اشعه ماوراء بنفش و نوسانات دمایی حفاظت می‌کند. همچنین پیری برگ را به تأخیر می‌اندازد (۳ و ٤٥). بنابراین با عنایت به مزایای ذکر شده برای ویتامین‌های B و ملاتونین، در این پژوهش پاسخ رشدی و عملکردی گیاه سویا به این ترکیبات مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹٦ جهت بررسی اثر محلول‌پاشی ملاتونین و ویتامین‌های گروه ب بر ویژگی‌های زراعی، فیزیولوژیک و کیفی سویا انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۳ سطح محلول‌پاشی ملاتونین (صفر، ۰/۱ و ۰/۲ میلی مولار) و ٦ سطح محلول‌پاشی با ویتامین‌های گروه B (شاهد، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین، اسید پانتوتنیک و پیریدوکسین هرکدام با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بودند که در قالب آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار سازماندهی شدند. در هر پلات ٤ خط به طول ۳ متر (با رعایت فاصله روی ردیف ۵ و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی-متر) قرار گرفت. دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در تاریخ ۵ خرداد ۱۳۹٦ با دست و در عمق ۵ سانتی متری انجام شد. فاصله دو بوته روی ردیف ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. بذرهای سویا رقم DPX (دارای مقاومت نسبی به بیماری‌ها به‌ویژه بیماری پوسیدگی ذغالی و نماتد سیست سویا و همچنین مقاوم به خوابیدگی بوته و ریزش دانه) چند دقیقه قبل از کاشت با باکتری همزیست با سویا (*Bradyrhizobium japonicum*) ساخت شرکت فن‌آوری‌زیستی‌طبیعت‌گرا (بایوسوی) آغشته شدند. آبیاری به‌صورت جوی و پشته‌ای و هفتگی انجام شد. قبل از گلدهی اقدام به اعمال تیمارهای محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین‌های گروه B ساخت شرکت سیگما (با فاصله ۲ روز از یکدیگر) یکدیگردر تاریخ‌های ۳ و ۵ مردادماه گردید. در تیمار شاهد از آب خالص جهت محلول پاشی استفاده گردید. استفاده از آب خالص به منظور مشخص شدن اثر واقعی ملاتونین و ویتامین-های گروه B انجام گرفت. محلول پاشی ها با استفاده از محلوپاش دستی در اواخر روز و در هوای صاف و نسیم ملایم اعمال شد به نحوی که برگ های سویا با مقدار آب مساوی برای کلیه تیمارها کاملاً خیس شدند. از ۲ هفته پس از محلول‌پاشی از هر کرت ۵ بوته پس از در نظر گرفتن حاشیه به‌عنوان نماینده آن کرت برداشت و صفاتی از قبیل سطح برگ (توسط کاغذ شطرنجی)، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، ارتفاع ساقه و قطر ساقه اندازه‌گیری شدند. مقادیر وزن خشک به‌دست آمده بر حسب گرم در مترمربع

www.SID.ir

Archive of SID

محاسبه گردید. هنگام رسیدگی، از هر کرت تعداد ۱۶ بوته با در نظر گرفتن حاشیه برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این بوته‌ها محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب هکتار محاسبه شد. اجزای عملکرد در گیاه سویا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشد که مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. اندازه‌گیری کلروفیل برگ از ۸۰ روز پس از کاشت با فاصله‌های زمانی ۱۰ روزه آغاز و تا ۱۳۰ روز پس از کاشت ادامه یافت. از هر کرت تعداد ۳ بوته به‌عنوان معیار انتخاب و علامت گذاری گردیدند. در هر اندازه‌گیری تعداد ۹ برگ (۳ برگ بالا، ۳ برگ میانی و ۳ برگ پایین) از هر بوته انتخاب شد و شاخص سبزینگی آن توسط دستگاه SPAD 502 تعیین و میانگین آنها محاسبه شد. میانگین کلروفیل ۳ بوته در هر کرت شامل ۳ عدد (برگ های بالا، برگ های میانی و برگ های پایین) بر حسب واحد SPAD (۱۸) برای محاسبات ثبت گردید. هدف از این شیوه اندازه‌گیری، علاوه بر ارزیابی تأثیر تیمارها بر مقدار کلروفیل هر یک از برگ‌ها، بررسی روند تخریب کلروفیل و پیری گیاه در مواجهه با تیمارهای اعمال شده بود. روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تمام اتوماتیک Soxtherm 2000 automatic Gerhardt تعیین گردید. برای محاسبه درصد روغن موجود در نمونه‌ها از رابطه ۱ استفاده شد.

رابطه ۱)

وزن اولیه بالن – وزن ثانویه بالن) = درصد روغن

۱۰۰ × (وزن نمونه /

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید. مقدار نیتروژن موجود در دانه پس از برداشت با دستگاه NIR (Near Infrared Radiation) مدل KJT-270 ساخت شرکت Kett ژاپن تعیین گردید. برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از رابطه ۲ استفاده گردید. ضریب تبدیل پروتئین ۵/۷۵ در نظر گرفته شد (۲).

رابطه ۲) ۵/۷۵ × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

برای تعیین عملکرد پروتئین از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی ملاتونین و ویتامین‌های ب بر همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثربرهمکنش ملاتونین و ویتامین ب بر شاخص سطح برگ، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد روغن و پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد و بر وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن هزاردانه و عملکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۱). محلول-پاشی ملاتونین و افزایش در غلظت آن به‌طور معنی-داری شاخص سطح برگ را افزایش داد. بین سطوح مختلف ویتامین‌های ب نیز اختلاف معنی‌داری از لحاظ شاخص سطح برگ مشاهده گردید. در این بین اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین مؤثرتر از بقیه بودند. البته اثر همه ویتامین‌های مورد مطالعه در حضور ملاتونین بیشتر شد به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به گیاهانی بود که به‌طور همزمان با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسیدپانتوتنیک محلول‌پاشی شدند که با میانگین حدود ۵/۷ به لحاظ آماری نسبت به سایر ترکیبات تیماری برتری داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب بر شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و ساقه، ارتفاع و قطر ساقه، عملکرد واجزای عملکرد، عملکرد روغن و پروتئین دانه

Table 1- Mean squares the effect of vitamins B group and melatonin spraying on soybean leaf area index, stem and leaf dry weight, stem height and diameter, yield and yield component,oil and protein seed yield

منابع تغییر s.o.v	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ leaf area index	وزن خشک برگ leaf dry weight	وزن خشک ساقه stem dry weight	ارتفاع ساقه stem height	قطر ساقه stem diameter	تعداد غلاف در بوته pod per plant	تعداد دانه در غلاف seed per pod	وزن هزار دانه 1000seed weight	عملکرد yield	عملکرد روغن دانه seed oil yield	عملکرد پروتئین دانه seed protein
تکرارrep	2	0.1648	19495.496	13332.865	1132.498	0.010	3634.431	0.540	267.306	0.450	321.114	2815.693
ملاتونین melatonin	2	26.442**	16622.127**	5152.729**	2181.921**	15.713**	670.103**	1.920**	5506.875**	4.687**	6494.205**	25548.302**
ویتامین ب vitamin b	5	1.449**	19454.752**	19505.155**	198.006**	6.361**	75.527**	0.084**	480.888**	2.787**	3272.309**	15259.157**
ملاتونین×ویتامین ب melatonin×b	10	0.095**	1538.347*	1010.059*	9.294**	0.088**	0.933ns	0.010**	86.627*	0.039*	54.896**	219.665**
خطاerror	34	0.006	720.001	451.833	3.084	0.027	6.780	0.001	29.572	0.017	17.295	69.728
ضریب تغییرات (درصد) CV(%)	-	2.186	6.089	6.802	2.253	2.788	5.263	2.173	3.638	7.012	7.010	6.142

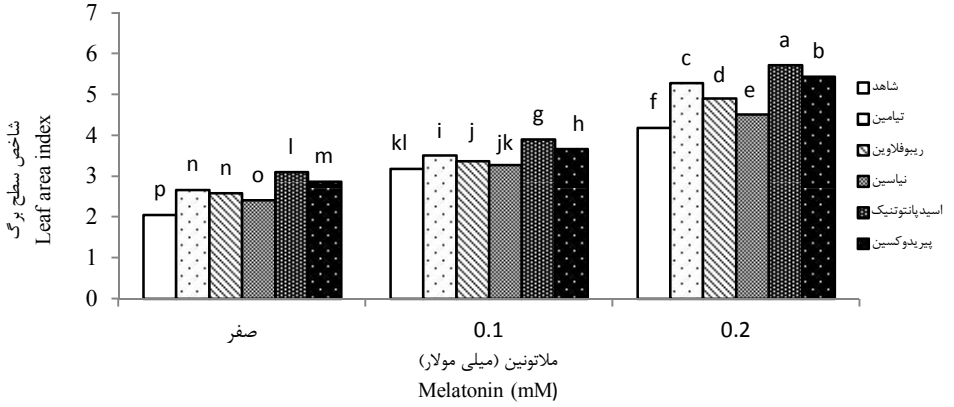
*،** و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری می باشد.

**,* and ns are significant at a probability level of 1%, 5% and non-significant.

www.SID.ir

Archive of SID

این در حالی است که مقدار این شاخص در شرایط عدم محلول‌پاشی ملاتونین و ویتامین‌های ب حدود ۲ به‌دست آمد (شکل ۱). در سایر تحقیقات نیز شاخص سلامتی (ارتفاع بوته / قطرساقه) + (وزن خشک پوشش تاج / ریشه خشک وزن) × وزن خشک کل) بالاتر در گیاه‌چه‌های گوجه فرنگی تیمار شده با ملاتونین و سطح برگ بزرگتر در گیاهچه‌های ذرت تیمار شده با ملاتونین تحت تنش خشکی مشاهده گردیده است. شاخص سلامتی و سطح برگ بیشتر گیاهان را به نگهداری ظرفیت فتوسنتزی بالاتر قادر خواهد ساخت (۲۸ و ٤٨). کاربرد خارجی ملاتونین خصوصیات مرفولوژیکی گیاهچه‌های خیار در معرض تنش اسیدسینامیک را بهبود بخشید، که این بهبودی بیشتر با استفاده از ملاتونین به‌واسطه محافظت از پژمردگی و خم شدن برگ‌ها، تحریک گسترش سطح برگ و افزایش رشد ریشه به‌دست آمد (٢٤). مطالعات اخیر شواهد مستقیمی را در اختیار قرار می‌دهد که پوشش بذر با ملاتونین موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ سویا می‌شود (٤٦). خان و همکاران (۲۰۰۱) بهبود شرایط فیزیولوژیکی گیاه و افزایش شاخص سطح برگ با پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین را در گندم و خردل گزارش نمودند (۲۱).

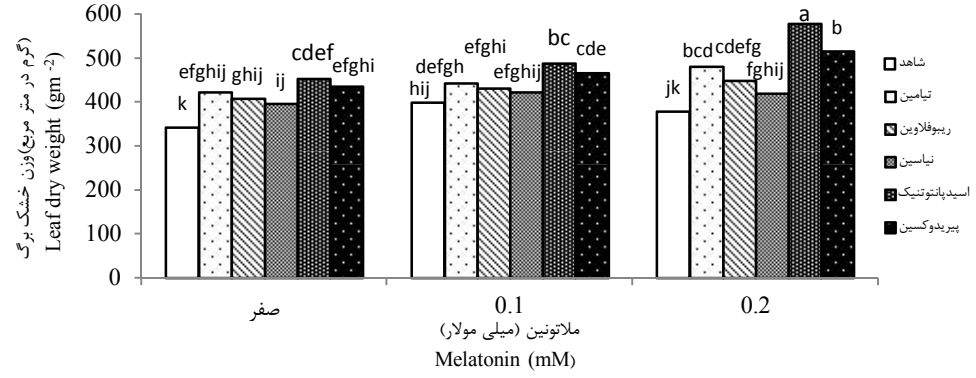


شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 1- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying on leaf area index of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P <۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 2- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying on the leaf dry weight of soybean

حروف غیرمشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P <۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) می‌باشد.

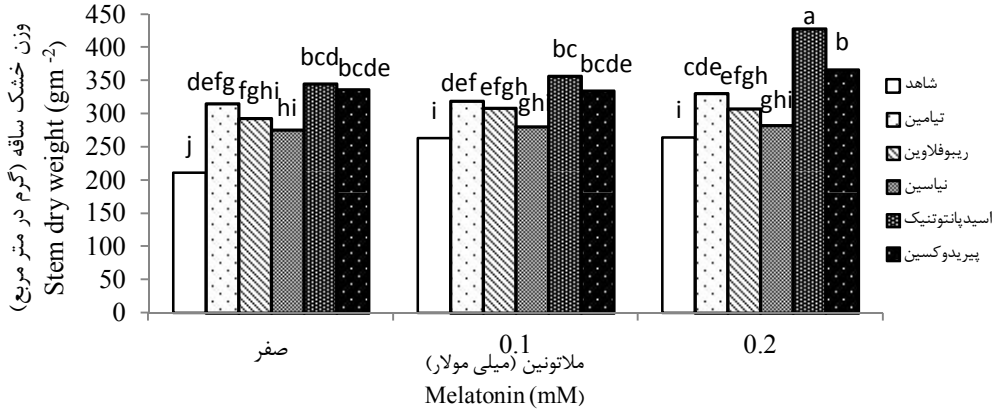
In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل محلول‌پاشی ملاتونین و ویتامین‌های ب بر وزن خشک برگ نشان داد بیشترین وزن خشک برگ با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها با میانگین ۵۷۷/۹ گرم در مترمربع مربوط به تیمار غلظت ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسیدپانوتنیک بود که نسبت به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی ملاتونین و همچنین ویتامین ب) با میانگین ۳۴۳ گرم در مترمربع افزایشی معادل ٦٨ درصد را نشان داد که حاکی از اثر مثبت این دو ماده بر میزان وزن خشک برگ و در نهایت تولید کربوهیدرات بیشتر برای گیاه بود (شکل ۲). لی و همکاران (۲۰۱۷) ملاحظه کردند که نسبت‌های IAA/ABA و GA_3/ABA که ارتباط قوی مثبتی با بیشتر پارامترهای مورفولوژیکی (از قبیل RGR، وزن خشک برگ، مساحت رویه ریشه و حجم ریشه) داشت به‌طور آشکار با استفاده ملاتونین در گیاهان تحت تنش اسیدسینامیک افزایش یافت (٢٤). نتایج مشابه نیز از گیاهان تیمار شده با ملاتونین تحت تنش‌های غیرزنده از قبیل شوری و تنش سرما به‌دست آمد (۱۹ و ۳۳). استفاده از پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاهچه، طول ساقه و ریشه ذرت گردید (۱۰). استفاده از ملاتونین و ویتامین‌های ب سبب افزایش در میزان وزن خشک ساقه گردید. نتایج نشان داد که ترکیب تیماری ملاتونین و ویتامین ب اثر بیشتری بر وزن خشک ساقه داشت به نحوی که ترکیب تیماری ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسید پانتوتنیک با حدود ٤٢٨ گرم در مترمربع با اختلاف معنی‌دار با سایر ترکیب‌های تیماری بیشترین و تیمار عدم محلول‌پاشی با مقدار حدود ۲۱۱ گرم در مترمربع کمترین وزن خشک ساقه را دارا بودند. اگرچه استفاده از ملاتونین به‌تنهایی نیز اثر مثبت و معنی‌داری بر این صفت داشت ولی بین دو غلظت این ماده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۳).

گزارش شده است که وزن خشک ساقه درترکیب تیماری ۰/٤ میلی‌مولار اسیدسینامیک و عدم استفاده از ملاتونین به‌طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تیمار شده با ملاتونین کمتر بود، که اثر منفی اسیدسینامیک به طور مؤثری با ۱۰ میکرومولار ملاتونین و ۰/٤ میلی‌مولار اسیدسینامیک کاهش یافت (٢٤). گیاهچه‌های گوجه فرنگی تیمار شده با ملاتونین وزن خشک ساقه بیشتر نسبت به گیاهان شاهد برخوردار بودند (۲۸).



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 3- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying on stem dry weight of soybean

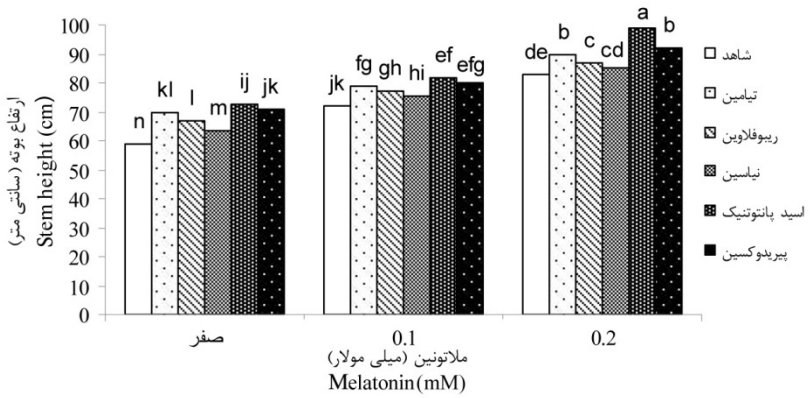
حروف غیرمشترک (a, b, c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<$۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محلول‌پاشی با دو ماده به‌تنهایی یا توأم باهم سبب افزایش ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد گردیدند. ارتفاع بوته در گیاهان شاهد حدود ۵۹ سانتی‌متر بود که در کمترین تأثیر پذیری از تیمارها در اثر استفاده از ویتامین ب ۳ (نیاسین) به‌تنهایی با ۷/۵ درصد افزایش به ٦٣/٤ سانتی‌متر و در بیشترین تأثیرپذیری در اثر استفاده همزمان از ویتامین ب ۵ (اسیدپانتوتنیک) و ملاتونین با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار با ٦٧/٦ درصد افزایش نسبت به شاهد به ۹۸/۹ سانتی‌متر رسید (شکل٤). گیاهان *Arabidopsis thaliana* تیمار شده با ۱۰تا۳۰ میکرومولار ملاتونین ارتفاع بوته بالاتری نسبت به گیاهان تیمار نشده داشتند (۵). بایون و بک (۲۰۱٤) نیز گزارش کردند که گیاهان برنج تراریخته غنی از ملاتونین تحت شرایط مزرعه قویترظاهر شدند و ارتفاع و بیوماس بیشتری نسبت به انواع وحشی گیاه داشتند (۷). در آزمایش شی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در گیاهان تیمار شده با ملاتونین تولید گونه‌های فعال اکسیژن کمتر و ارتفاع و وزن گیاه بیشتر بود که به وضوح تأثیر بر کربوهیدرات و متابولیسم نیتروژن که بیشترین محلول درگیر در پاسخ به تنش اسمزی می باشد را نشان می دهد (۳۸). محلول‌پاشی پیریدوکسین در گیاه همیشه بهار موجب افزایش طول ساقه نسبت به تیمار شاهد گردید (۳۹).



شکل٤- مقایسه میانگین ارتفاع بوته سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 4- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying on stem height of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) می‌باشد.

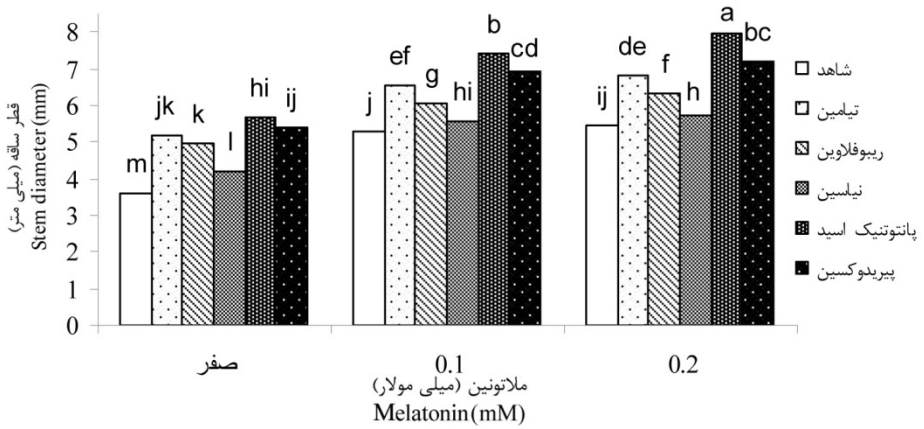
In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

صفت قطر ساقه از نظر میزان تأمین استقرار و پایداری گیاه حائز اهمیت است. همه ۱۷ ترکیب تیماری مورد مطالعه توانستند صفت قطر ساقه را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دهند (شکل ۵). کاربرد همزمان اسیدپانتوتنیک و غلظت ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین قطورترین ساقه‌ها را با میانگین ۷/۹ میلی‌متر ایجاد نمود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. درمجموع محلوپاشی با ویتامین‌های ب سبب افزایش قطر ساقه نسبت به تیمار شاهد شد که با افزایش غلظت ملاتونین اثر افزایشی آن‌ها بر این صفت نیز بیشتر شد. در بین ویتامین‌ها، اسیدپانتوتنیک و پس از آن پیریدوکسین بیشترین اثر را داشتند (شکل ۵).

افزایش قطر ساقه با محلول‌پاشی ۵۰ پی‌پی‌ام اسیدپانتوتنیک و روی با غلظت ٦ گرم در لیتر در لوبیا سبز نیز گزارش شد (۱۷). همچنین گیاهچه‌های گوجه فرنگی تیمار شده با ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین قطر ساقه بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (۲۸).

www.SID.ir

Archive of SID



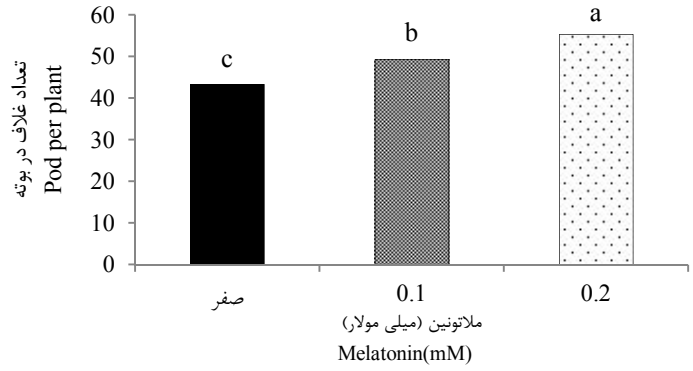
شکل ۵- مقایسه میانگین قطر ساقه سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 5- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying stem diameter of soybean

حروف غیرمشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

تعداد غلاف در بوته در اثر محلول‌پاشی ملاتونین و افزایش غلظت آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به نحوی که بیشترین مقدار این صفت از تیمار ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین به‌دست آمد که تقریباً ۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود (شکل ٦). ویتامین-های ب نیز نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی افزایش معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشتند. بیشترین مقدار این صفت با میانگین ۵۳/۳ و ۵۱/۹۸ به ترتیب متعلق به تیمارهایاسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین بود که اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نداشتند و کمترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار شاهد با میانگین ٤٥/٢ بود (شکل ۷). تعداد غلاف در گیاهان لوبیای مانگ (*Vigna radiata* L.) رشد یافته از بذرهای هیدروپرایم شده با µM ۵۰ ملاتونین نسبت به گیاهان هیدروپرایم شده بدون ملاتونین و پرایم نشده بیشتر بود (۳۰). مطالعات اخیر شواهد مستقیمی از اثر معنی-دار ملاتونین بر افزایش تعداد غلاف در گیاهان تولید شده از بذرهای تیمار شده با این ماده ارائه می‌دهند (٤٦). افزایش تعداد غلاف در بوته با محلول‌پاشی توأم اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین (۱۷) و اسیدپانتوتنیک (۲۱) نیز گزارش شد.



شکل ٦- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف ملاتونین

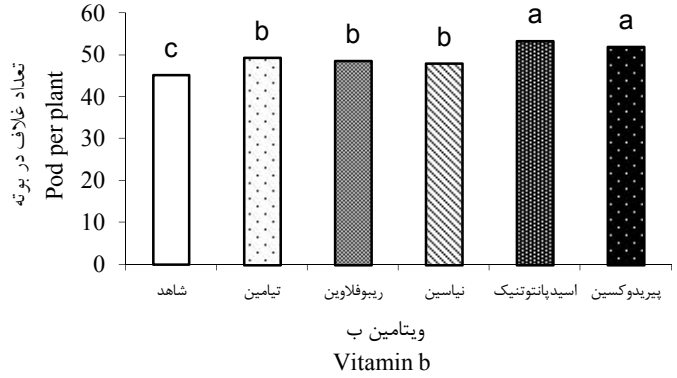
Figure 6- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin spraying on Pods per plant of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار(LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

www.SID.ir

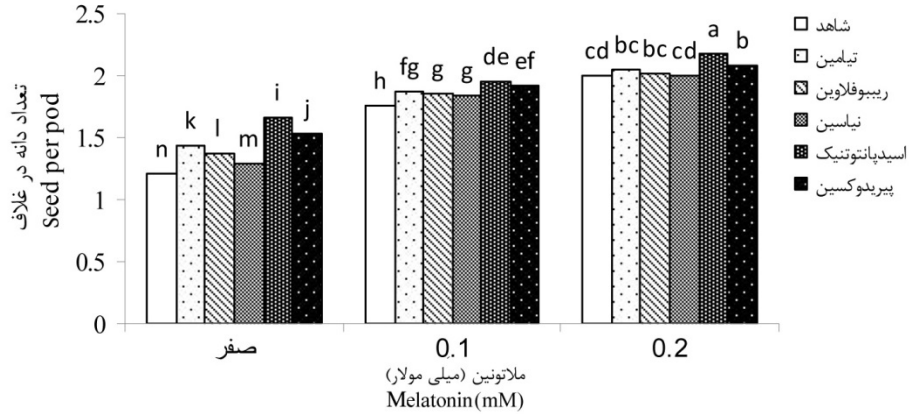
Archive of SID



شکل ۷- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر سطوح مختلف ویتامین ب

Figure 7- Mean comparison of effect of vitamin B spraying on Pods per plant of soybean

تعداد دانه در غلاف نیز تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده بین ۷/۵ تا ۷۹ درصد نسبت به شاهد بهبود یافت. نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی ملاتونین به‌تنهایی بر این جزء عملکرد بیشتر از اثر محلول‌پاشی ویتامین‌های ب به‌تنهایی است. ولی مانند سایر صفات در اینجا نیز اثر کاربرد توام این مواد مضاعف بود. بیشترین مقدار این صفت با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها مربوط به ترکیب تیماری اسیدپانتوتنیک و ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین با میانگین ۲/۱ بود که ۱/۷۵ برابر نسبت به کمترین مقدار آن در تیمار شاهد با میانگین ۱/۲ دانه در غلاف بیشتر بود (شکل ۸). در آزمایش وی و همکاران (۲۰۱۵)، گیاهان سویای تیمار شده با ۱۰۰ میکرومولار ملاتونین تعداد دانه بیشتری نسبت به گیاهان شاهد و کمی بیشتر از گیاهان تیمار شده با ۵۰ میکرومولار ملاتونین داشتند (٤٦). همچنین استفاده از پیریدوکسین موجب افزایش تعداد دانه در بلال گیاه ذرت نسبت به گیاهان شاهد شد (۱۳).



شکل ۸- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 8- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying seed per pod of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P <۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) می‌باشد.

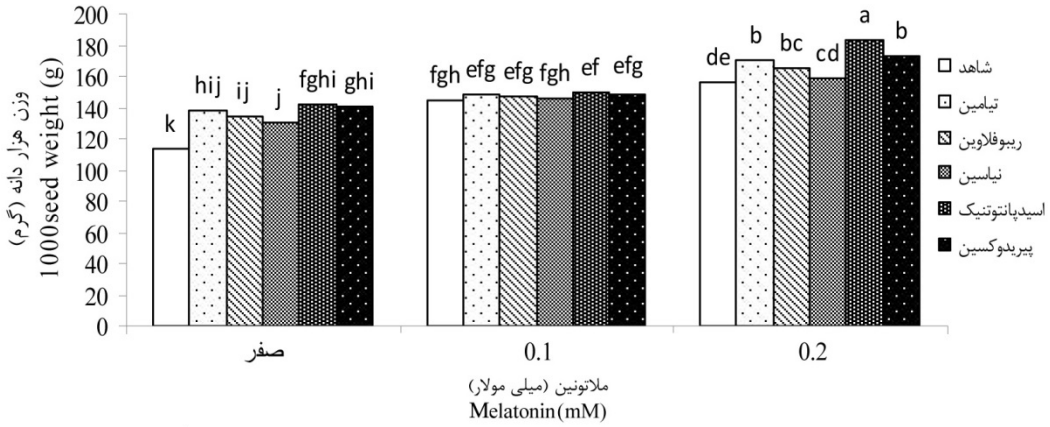
In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

نتایج مشابهی برای وزن هزاردانه رقم خورد. طوری که همه ترکیبات تیماری مورد مطالعه این صفت را بهبود بخشیدند. در دو سطح صفر و ۰/۱ میلی مولار ملاتونین اختلاف زیادی بین ویتامین‌های ب از لحاظ تاثیرگذاری بر این صفت وجود نداشت و اثرگذاری سطح ۰/۲ میلی مولار ملاتونین بیشتر بود.

www.SID.ir

Archive of SID

بدین ترتیب کمترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار شاهد (عدم محلول‌پاشی) با ۱۱۳/۵ گرم بود و بیشترین مقدار آن ۱۸۳/۵ گرم از ترکیبات تیماری ۰/۲ میلی مولار ملاتونین و ویتامین ب ۵ (اسیدپانتوتنیک) به‌دست آمد (شکل ۹). اثر مثبت اسیدپانتوتنیک (۱۷) و پیریدوکسین به همراه روی (۱۳) بر افزایش وزن دانه پیش از این نیز گزارش شده است. اعلام شده است که تیمار ملاتونین اثر معنی‌داری بر افزایش وزن دانه در شرایط مزرعه داشته است ولی بر وزن دانه در شرایط گلخانه اثری نداشت (٤٦).

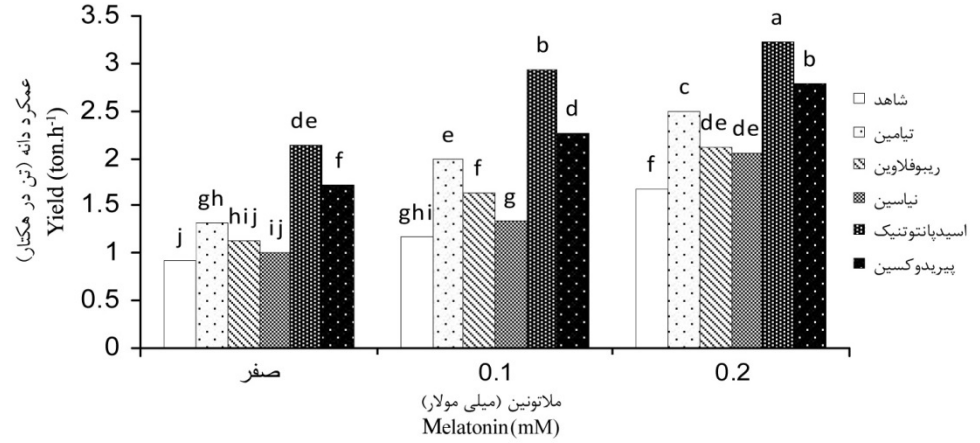


شکل ۹- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در غلاف تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 9- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying 1000 seed weight of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه سویا تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 10- Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying seed yield of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) براساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از ملاتونین و ویتامین‌های ب سبب افزایش در میزان عملکرد دانه گردید به‌طوری‌که افزایش غلظت ملاتونین همراه با ویتامین ب اثر بیشتری بر عملکرد دانه داشت. بالاترین عملکرد در ترکیب تیماری ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسید پانتوتنیک با اختلاف

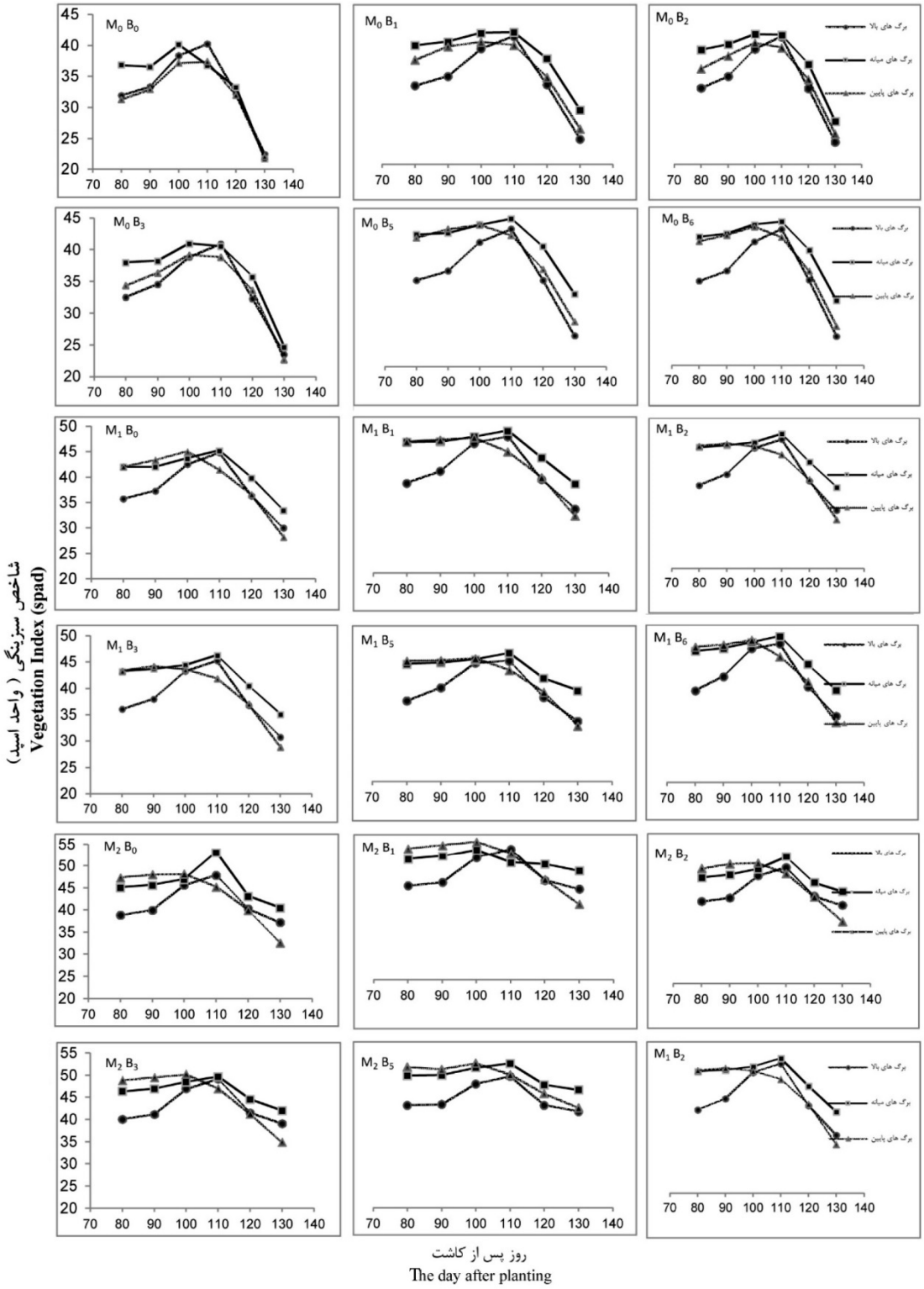
www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار نسبت به سایر ترکیب‌های تیماری، و کمترین مقدار این صفت از گیاهان شاهد به‌دست آمد. مقایسه ویتامین‌های ب نشان می‌دهد که در هر سه سطح ملاتونین بیشترین اثر مربوط به اسیدپانتوتنیک و پس از آن پیریدوکسین و تیامین بود (شکل ۱۰). محلول‌پاشی ملاتونین تحمل به شرایط تنش را در گیاهان افزایش و کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ناشی از رشد در شرایط تنش غیرزنده را تخفیف می‌دهد (٤٢). گیاهان تیمار شده با پیریدوکسین و اسیدپانتوتنیک توان جذب و توان فتوسنتزی و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (۲۱). شکل ۱۱ میزان سبزینگی برگ‌های سویا را با هدف بررسی روند پیر شدن گیاه از بالای بوته به پایین آن تحت تأثیر ترکیبات تیماری مختلف نشان می‌دهد. تقریباً در تمام شکل‌ها دیده می‌شود که تا حدود ۱۱۰ روز پس از کاشت روند تغییرات سبزینگی ثابت یا افزایشی بود و پس از آن کاهش یافت. در ابتدای فصل در سطوح صفر و ۰/۱ میلی‌مولار ملاتونین مقدار شاخص سبزینگی تقریباً در برگهای میانی و در تیمار ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین در برگهای پایینی بیشتر بود. با گذشت ۱۰۰ روز از کاشت و پس از آن بیشترین سبزینگی مربوط به برگهای میانی بود. محلول‌پاشی ملاتونین اثر مثبتی بر کاهش روند تخریب کلروفیل برگ داشت به‌طوری‌که گیاهانی که غلظت بیشتری از ملاتونین را دریافت کرده بودند میزان سبزینگی موجود در برگ آنها با سرعت کمتری دچار افت گردید، درحالی که کاهش سبزینگی برگ گیاهان در معرض تیمار عدم محلول‌پاشی سریعتر اتفاق افتاد. در اثر محلول‌پاشی با ویتامین‌های ب نیز از روند سریع کاهش سبزینگی برگ کاسته شد. به نحوی که در آخرین اندازه‌گیری مقدار سبزینگی باقیمانده در برگ گیاهانی که ویتامین‌های ب را دریافت کرده بودند، بیشتر بود. در این بین بیشترین میزان شاخص سبزینگی مربوط به تیمار اسیدپانتوتنیک بود. در مجموع هنگامی که بالاترین سطح ملاتونین با ویتامین‌های ب همراه بود، پیری برگ با تأخیر اتفاق افتاد. برعکس هنگامی که محلول-پاشی انجام نشد روند پیری همه برگ‌ها شدت بیشتری داشت. مقایسه همه ترکیبات تیماری نشان داد که بیشترین میزان سبزینگی موجود در برگ در آخرین اندازه‌گیری این شاخص مربوط به ترکیب تیماری ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسیدپانتوتنیک در برگ‌های بالا، میانه و پایین کانوپی گیاه بود که به‌ترتیب حدوداً برابر با ٤٤، ٥٠ و ٤٥ (واحد اسپد) به‌دست آمد. در حالی که این مقدار در برگ گیاهان شاهد (M_0B_0) حدود ۲۲ واحد اسپد بود. ملاتونین تأخیر پیشرفت پیری و نگهداری مشخصات کیفی میوه هلو را افزایش داد (١٤). نتایج مشابه از کاربرد ملاتونین و اثر ضد پیری آن در جو و برگ‌های سیب با افزایش سطح کلروفیل (۳ و ٤٥) و کاهش پیری برگ (۲۳ و ٢٦) نیز به‌دست آمد. ملاتونین ژن تولید کننده فرودوکسین (*PetF*) و اثر بازداری شوری بر این ژن را متوقف نمود. کاهش بیان ژن *PetF* ممکن است بر تمیز کردن گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تولید شده در طی فتوسنتز و یا نتایج تنش شوری شامل تأخیر در رشد و تجمع H_2O_2 در تنش شوری تأثیر بگذارد (٤٦). فرودوکسین میزان کاهش آسکوربات و محافظت از تخریب کلروفیل را تنظیم می کند (۲۷). گزارش شده است که کاربرد خاکی طولانی مدت ۱۰۰میکرومولار ملاتونین محتوای کلروفیل سیب را در مقایسه با درختان شاهد افزایش داد (٤٤). افزایش میزان کلروفیل برگ در اثر تیمار اسیدپانتوتنیک و پیریدوکسین (۱۷) و پیریدوکسین (۸ و ٤٣) و به دنبال آن افزایش مقابله با تنش‌های غیرزنده و کاهش تنش اکسیداتیو مشاهده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱- روند پیر شدن برگ‌های مختلف در ترکیبات تیماری حاصل از عدم محلول‌پاشی ملاتونین (M_0)، ۰/۱میلی مولار (M_1) و ۰/۲ میلی‌مولار (M_2) و محلول‌پاشی با ویتامین‌های گروه B شاهد (B_0)، تیامین (B_1)، ریبوفلاوین (B_2) ،نیاسین (B_3)، اسیدپانتوتنیک (B_5) و پیریدوکسین (B_6)

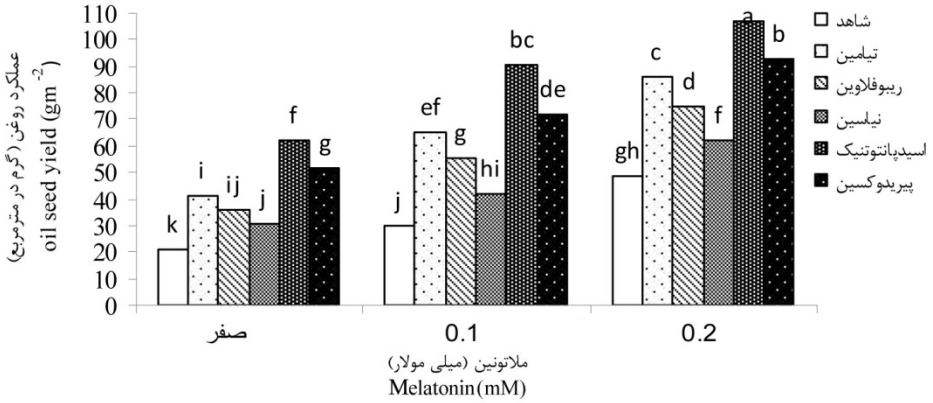
Figure 11- Leaves senescence process affected by non spraying melatonin(m0), 0.1 mM(M1) and 0.2 Mm(M2) and vitamin b spraying levels including control(B_0), thiamine(B_1), riboflavin(B_2), niacin(B_3), pantothenic acid(B_5) and pyridoxine(B_6)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی غلظت‌های ملاتونین و ویتامین‌های ب بر عملکرد روغن و پروتئین دانه سویا نشان داد که مقادیر هر دو صفت با انجام محلول‌پاشی افزایش معنی‌داری داشت. کمترین مقدار عملکرد روغن دانه در تیمار عدم محلول‌پاشی با میانگین حدود ۲۱ گرم در مترمربع به‌دست آمد که اختلاف معنی داری با تمام ترکیبات تیماری آزمایش داشت. استفاده از ویتامین‌های ب همراه با غلظت ۰/۲ میلی‌مولار از ملاتونین بالاترین مقادیر عملکرد روغن را نشان داد که بیشترین مقدار آن نسبت به سایر تیمارها مربوط به ترکیب تیماری اسیدپانتوتنیک و غلظت بالای ملاتونین با میانگین حدود ۱۰۶ گرم در مترمربع بود که افزایش ۵ برابری نسبت به تیمار شاهد داشت. پس از اسیدپانتوتنیک، تاثیر پیریدوکسین و تیامین نیز در هرسه سطح ملاتونین قابل توجه بود (شکل ۱۲). گزارش‌های متعددی وجود دارد که ملاتونین تعدادی از ژن‌های بیوسنتز اسیدهای چرب را افزایش می دهد (۳۱، ۳۲ و ٤٧) که مسئول تجمع اسیدهای چرب در دانه‌های سویا می‌باشند.

عملکرد پروتئین دانه سویا نیز تحت تأثیر محلوپاشی ملاتونین و ویتامین‌های گروه ب به‌طور چشمگیری افزایش یافت (شکل ۱۳). میزان این صفت در شاهد بسیار پایین بود که در اثر تیمارهای مورد مطالعه بین ٤١ تا ۳۲۵ درصد بهبود یافت. مانند سایر صفات، بیشترین مقدار عملکرد پروتئین در گیاهانی ثبت شد که ترکیب تیماری ۰/۲ میلی‌مولار ملاتونین و اسیدپانتوتنیک را دریافت کرده بودند (شکل ۱۳). ثابت شده است که پیش‌تیمار بذر با پیریدوکسین اثر معنی‌داری بر جذب نیتروژن و فسفر در ماش وگلرنگ (۳۷)، ذرت (۱۱) وعملکرد پروتئین دانه (٣٤) دارد. پیریدوکسین نه تنها قابلیت دسترسی عناصر برای گیاهان را افزایش می‌دهد بلکه مسئول حفظ ارتباط مطلوب منبع و مخزن استو طی بررسی انجام شده عناصر غذایی بیشتری را برای بذر لوبیای مانگ فراهم نموده است (۱).



شکل۱۲- مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

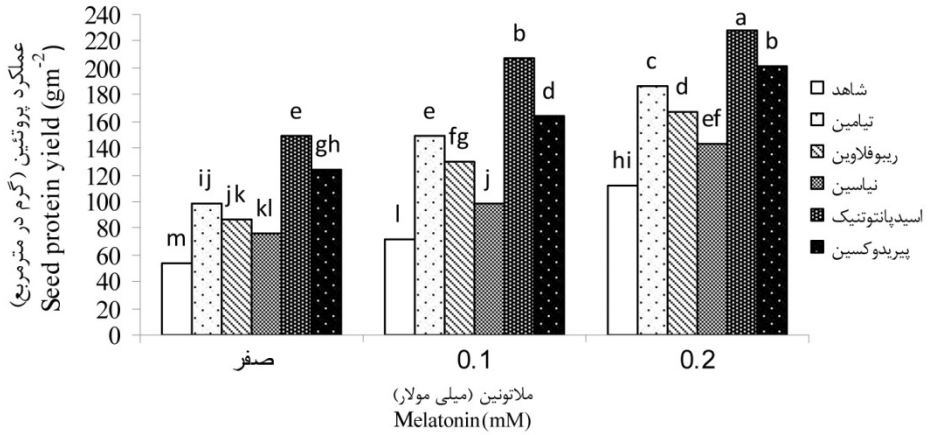
Figure 12-Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying seed oil yield of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۳- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف ملاتونین و ویتامین ب

Figure 13-Mean comparison of effect of concentrations of melatonin and vitamin B spraying seed protein yield of soybean

حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون، بیانگر تفاوت معنی‌دار (P<۰/۰۵) بر اساس نتایج آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) می‌باشد.

In each column dissimilar letters (a, b, c, …) are significantly different at the 5% probability level- using LSD test.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به بررسی‌های انجام شده در محدوده آزمایش، محلول‌پاشی ملاتونین و ویتامین ب افزایش معنی داری در میزان سطح برگ، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد، عملکرد روغن و پروتئین دانه، بر وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و کاهش تخریب کلروفیل برگ نشان داد. بیشترین اثر بر صفات مورد بررسی مربوط به ترکیب تیماری ۰/۲ میلی مولار ملاتونین و اسیدپانتوتنیک بود. بنابراین می‌توان جهت افزایش شاخص‌های رشدی و اجزای عملکرد سویا استفاده از ملاتونین و ویتامین ب را پیشنهاد داد.

References

1. Ansari, S.A., Samiullah, M.M., and Afridi, R.K. 1990. Enhancement of leaf nitrogen, phosphorus and potassium and seed protein in *Vigna radiata* by pyridoxine application. Plant. Soil. 125: 296-298.
2. AOAC. 1999. Association official methods of analysis. Method 988/05. CH. 4, P: 13.
3. Arnao, M.B., and Hernandez-Ruiz, J. 2009. Protective effect of melatonin against chlorophyll degradation during the senescence of barley leaves. J. Pineal Res. 46: 58-63.
4. Ayub, M.A., Tanveer, K., Mahmud, A., Liand, M., and Azam, M. 1999. Effects of nitrogen and phosphorus on fodder yield and quality of two sorghum cultivars. Pak. J. Biol. Sci. 2: 247-252.
5. Bajwa, V.S., Shukla, M.R., Sherif, S.M., Murch, S.J., and Saxena, P.K. 2014. Role of melatonin in alleviating cold stress in *Arabidopsis thaliana*. J. Pineal Res. 56: 238-245.
6. Burguieres, E., McCue, P., Kwon, Y.I., and Shetty, K. 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigor response and phenolic-linked antioxidant activity. Bioresource Technol. 98: 1393-1404.
7. Byeon, Y., and Back, K. 2014. An increase in melatonin in transgenicrice causes pleiotropic phenotypes, including enhanced seedling growth, delayed flowering, and low grain yield. J. Pineal Res. 56: 408-414.
8. Chen, H., and Xiong, L. 2005. Pyridoxine is required for post-embryonic root development and tolerance to osmotic and oxidative stresses. Plant. J. 44: 396-408.
9. Dolatabadian, A., Modarres Sanavy, S.A.M., and Sharifi, M. 2009. Alleviation of water deficit stress

www.SID.ir

Archive of SID

effects by foliar application of ascorbic acid on *Zea mays* L. J. Agro. Crop. Sci. 195: 347-355.

10. EradatmandAsli, D., and Houshmandfar, A. 2001. Seed germination and early seedling growth of corn (*Zea Mays* L.) as affected by different seed pyridoxine-priming duration. Adv. Environ. Biol. 5(5): 1014-1018.
11. Eradatmand Asli, D., Farrokhi, G.H.R., and Yosefi Rad, M. 2009. Effect of pyridoxine on yield and yield components of corn (*Zea mays* L. Var. SC. 704). J. Plant. Sci. Res. 14: 35-38.
12. Fardet, A., Rock, E., and Christian, R. 2008. 1s the in vitro antioxidant potential of whole grain cereals and cereal produces well reflected in vivo?, J. Cereal. Sci. 48: 258-276.
13. Farrokhi, G.H., and EradatmandAsli, D. 2008. Effects of pyridoxine and different levels of nitrogen on yield and yield components in corn (*Zea mays* L. Var. Sci, J. Agro. Plant. Breed. 4: 1. 1-13. (In Persian)
14. Gao, H., Zhang, Z.K., Chai, H.K., Cheng, N., Yang, Y., Wang, D.N., Yang, T., and Cao, W. 2016. Melatonin treatment delays postharvest senescence and regulates reactive oxygen species metabolism in peach fruit. Postharvest. Biol. Tec. 118: 103-110.
15. Goyer, A. 2010. Thiamine in plants: Aspects of its metabolism and functions. Phytochemistry, 71: 1615-1624.
16. Havaux, M.B., Ksas, A., Szewczyk, D., Rumeau, F., Francks, F., Caffarri, S., and Triantaphylides, C. 2009. Vitamin B6 deficient plants display increased sensitivity to high light and photo-oxidative stress. Plant. Biol. 35: 168-177.
17. Heydari, H. 2018. The effect of pyridoxine, pantothenic acid and zinc foliar application on quantitative and qualitative traits of green beans. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Shahrood University of Technology, Iran. (In Persian)
18. Hiscox, J.D., and Israelstom, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Botany, 57: 1332-1334.
19. Huang, X., Chen, M.R., Yang, L.T., Li, Y.R., and Wu, J.M. 2015. Effects of exogenous abscisic acid on cell membrane and endogenous hormone contents in leaves of sugarcane seedlings under cold stress. Sugar. Tech., 17: 1. 59-64.
20. Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y., and Cheema, M.A. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. J. Agro. Crop. Sci. 194: 193-199.
21. Khan, M., Samiullah, N.A., and Khan, N.A. 2001. Response of mustard and wheat to pre-sowing seed treatment with pyridoxine and basal level of calcium. Indian. J. Plant. Physiology. 6: 3. 300-305.
22. Khan, N.A., Khan, T., Hayat, S., and Khan, M. 1996. Pyridoxine improves growth, nitrate reductase and carbonic anhydrase activity in wheat. Sci. Cult. 62: 160-161.
23. Lee, K., and Back, K. 2017. Overexpression of rice serotonin N-acetyltransferase 1 in transgenic rice plants confers resistance to cadmium and senescence and increases grain yield. J. Pineal Res., Apr. 62: 3. Apr. e12392.
24. Li, J., Li, Y., Tian, Y., Qu, M., Zhang, W., and Gao, L. 2017. Melatonin has the potential to alleviate cinnamic acid stress in cucumber seedlings. Front. Plant. Sci. 8: 11-93.
25. Li, Y., Gupta, J., and Siyumbano, A.K. 1995. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. J. Plant. Nut. 18: 1875-1880.
26. Liang, C., Zheng, G., Li, W., Wang, Y., Hu, B., Wang, H., Wu, H., Qian, Y., Zhu, X.G., Tan, D.X., Chen, S.Y., and Chu, C.L. 2015. Melatonin delays leaf senescence and enhances salt stress tolerance in rice. J. Pineal. Res. 59: 91-101.
27. Lin, Y.H., Pan, K.Y., Hung, C.H., Huang, H.E., Chen, C.L., Feng, T.Y., and Huang, L.F. 2013. Overexpression

www.SID.ir

Archive of SID

of ferredoxin, PETF, enhances tolerance to heat stress in *Chlamydomonas reinhardtii*. Int. J. Mol. Sci. 14: 10. 20913–20929.
28. Liu, J., Wang, W., Wang, L., and Sun, Y. 2015. Exogenous melatonin improves seedling health index and drought tolerance in tomato. Plant. Growth. Regul. 77: 317-326.
29. Lone, N.A., Khan, N.A., Hayat, S., Azam, Z.M., and samiullah, N. 1999. Evaluation of effect of some B-vitamins on root development of mustard. Ann. Appl. Biol. 134: 30-37.
30. Maria Janas, K., and Maria Posmyk, M.2013. Melatonin, an underestimated natural substance with great potential for agricultural application. Acta. Physiol. 35: 3285-3292.
31. Millar, A.A., and Kunst, L. 1997. Very-long-chain fatty acid biosynthesis is controlled through the expression and specificity of the condensing enzyme. Plant. J. 12: 1. 121-131.
32. Okuley, J., Lightner, J., Feldmann, K., Yadav, N., Lark, E., and Browse, J. 1994. Arabidopsis Fad2gene encodes the enzyme that is essential for polyunsaturated lipid-synthesis. Plant. Cell. 6: 1: 147-158.
33. Pompeiano, A., Damiani, C.R., Stefanini, S.S., Vernieri, P., Reyes, T.H., Volterrani, M., and Guglielminetti, L. 2016. Seedling establishment of tall fescue exposed to long-term starvation stress. Plos. One, 11: 11. e0166131.
34. Rahimi, G. 2015. The effect of seed aging and pretreatment with pyridoxine on growth and yield of soybean in weed competition. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture Shahrood University of Technology, Iran. (In Persian)
35. Reiter, R.J., Tan, D.X., Zhou, Z., Cruz, M.H.C., Fuentes-Broto, L., and Galano, A. 2015. Phytomelatonin: assisting plants to survive and thrive. Molecules, 20: 7396-7437.
36. Samiullah, N., Khan, F.A., Khan, N.A., and Ansari, S.A. 1992. Improvement of productivity and quality of *Lens culinaris* by pyridoxine and phosphorus application. Acta. Agron. Hung. 41: 93-100.
37. Samiullah, N., Khan, N.A., Ansari, S.A., and Afridi, M.M.R.K. 1991. Pyridoxine augments growth yield and quality of mustard through efficient utilization of soil applied N P fertilizers. Acta. Agron. Hung. 40: 111-116.
38. Shi, H., Jiang, C., Ye, T., Tan, D., Reiter, J., Zhang, H., Liu, R., and Chan, Z. 2015. Comparative physiological, metabolomics, and transcriptomic analyses reveal mechanisms of improved abiotic stress resistance in bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) Pers. by exogenous melatonin. J. Exp. Bot. 66: 3. 681-694.
39. Soltani, Y., Saffari, V.R., Maghsoudimoud, A.A., and Mehrabani, M. 2012. Effect of foliar application of α-tocopherol and pyridoxine on vegetative growth, flowering, and some biochemical constituents of (*Calendula officinalis* L.) plants. Afr. J. Biotechnol. 11: 56. 11931-11935.
40. Taheri, P., and Hofte, M. 2007. Riboflavin-induced resistance against rice sheath blight functions through the potentiation of lignin formation and jasmonic acid signalling pathway. Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 72: 2. 309-313.
41. Tan, D.X. 2015. Melatonin and plants. J. Exp. Bot. 66: 625-625.
42. Tan, D.X., Hardeland, R., Manchester, L.C., Korkmaz, A., Ma, S., Rosales Corral, S., and Reiter, R.J. 2011. Functional roles of melatonin in plants, and perspectives in nutritional and agricultural science. J. Exp. Bot. 63: 577-597.
43. Titiz, O., Tambasco-Studart, M., Warzych, E., ApelK. L., Amrhein, N., Laloi, C., and Fitzpatrick, T.B. 2006. PDX1 is essential for vitamin B6 biosynthesis, development and stress tolerance in Arabidopsis. Plant. J. 48: 933-946.
44. Wang, P., Sun, X., Li, C., Wei, Z., Liang, D., and Ma, F. 2013. Long-termexogenous application of melatonin delays drought-induced leaf

www.SID.ir

Archive of SID

senescence in apple. J. Pineal Res. 54: 292-302.

45. Wang, P., Yin, L., Liang, D., Li, C., Ma, F., and Yue, Z. 2012. Delayed senescence of apple leaves by exogenous melatonin treatment: toward regulating the ascorbate-glutathione cycle. J. Pineal Res. 53: 11-20.
46. Wei, W., Li, Q.T., Chu, Y.N., Reiter, R.J., Yu, X.M., Zhu, D.H., Zhang, W.K., Ma, B., Lin, Q., Zhang, J.S., and Chen, S.Y. 2015. Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. J. Exp. Bot. 66: 3. 695-707.
47. Wu, G.Z., and Xue, H.W. 2010. Arabidopsis β-ketoacyl-[acyl carrier protein] synthase I is crucial for fatty acid synthesis and plays a role in chloroplast division and embryo development. Plant. Cell. 22: 3726-3744.
48. Ye, J., Wang, S.W., Deng, X.P., Yin, L.N., Xiong, B.L., and Wang, X.Y. 2016. Melatonin increased maize (*Zea mays* L.) seedlings drought tolerance by alleviating drought - induced photosynthetic inhibition and oxidative damage. Acta. Physiol. Plant., 38: 2. 1-13.
49. Zhang, N., Sun, Q.Q., Zhang, H.J., Cao, Y.Y., Weeda, S., and Ren, S.X. 2015. Role of melatonin in abiotic stress resiseance in plants. J. Exp. Bot. 66: 647-656.
50. Zhang, N., Zhao, B., Zhang, H.J., Weeda, S., Yang, C., Yang, Z.C., Ren, S., and Guo, Y.D. 2013. Melatonin promotes water-stress tolerance,lateral root formation, and seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.). J. Pineal Res. 54: 15-23.

www.SID.ir