Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۷
۱۰۳۵-۱۰۴۴
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1710.1208

مطالعه تأثیر تنش سرما بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانهال کدوحلوایی (*Cucurbita moschata* L.) تحت محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما

مهدی تاجبخش[۱]، پرشنگ خلیلی[۲]، سمیرا مالکی[۳]

۱. استاد گروه زراعت، دانشگاه ارومیه، گروه زراعت، ارومیه
۲. دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه ارومیه، گروه زراعت، ارومیه
۳. دکتری زراعت، دانشگاه ارومیه، گروه زراعت، ارومیه

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۰۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر ترکیبات مقاومت به سرما بر میزان رنگ‌دانه‌های کلروفیل، هدایت الکتریکی، وزن خشک و طول گیاهچه در گیاه کدو (*Cucurbita moschata* L.) تحت تنش سرما، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل محلول‌پاشی ۰/۲۵، ۰/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک، آرمان ۳(با غلظت ۱:۲۰ لیتر در لیتر) و آب مقطر (به‌عنوان شاهد)، فاکتور دوم تنش دمایی (سرما) شامل دماهای ۱-، ۱، ۳، ۵ و ۷ درجه سانتی‌گراد بود. صفات موردبررسی شامل کلروفیل، شاخص کلروفیل، میزان نشت یونی، وزن خشک گیاهچه (وزن خشک ریشه و اندام هوایی)، طول گیاهچه (ریشه و بخش هوایی) بود. نتایج نشان داد، در تیمار دما و در دمای ۱- درجه سانتی‌گراد میزان کلروفیل b، شاخص کلروفیل، وزن گیاهچه، طول گیاهچه نسبت به شاهد (۷ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب ٪۴۸، ۴۷٪، ۴۵٪ و ۲۵٪ کاهش یافت. اثر متقابل تنش سرما و محلول‌پاشی در کلروفیل a، نشت یونی و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود. با اعمال تنش دمایی میزان نشت الکترولیت افزایش و محتوی کلروفیل کاهش یافت، اما اعمال ترکیبات مقاومت به سرما از طریق حفظ محتوی کلروفیل و غشا سلولی، شدت واکنش‌های تخریبی را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: **طول گیاهچه، کلروفیل، وزن خشک گیاهچه، نشت یونی**

مقدمه

کدوحلوایی با نام علمی (*Cucurbita moschata* L.) متعلق به خانواده کدوئیان و از گیاهان حساس به دماهای پایین است. مطالعاتی که در دهه‌های اخیر بر روی کدوتنبل انجام‌شده نشان‌دهنده خصوصیات ضد دیابت، ضد فشارخون، ضد تومور، ضد باکتری، ضد کلسترول، ضد انگل روده‌ای، ضدالتهاب و ضد درد این محصول است (Caili et al., 2006). کدوتنبل غنی از کاروتن، فیبر، ویتامین C، B، 6B، K و مواد معدنی همچون پتاسیم، فسفر، منیزیوم، آهن و سلنیم است (Rakcejeva et al., 2011). پودر کدوتنبل حاوی ۲۸/۸ میلی‌گرم پکتین، ۴۰/۴ میلی‌گرم سلولز، ۴/۳ میلی‌گرم همی‌سلولز و ۴/۳ میلی‌گرم لیگنین در هر ۱۰۰ گرم است (Ptitchkina et al., 1998).

خسارت ناشی از سرما در مراحل حساس رشد و نمو گیاهان یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان است (Wang and Adams, 1980). بسیاری از گونه‌های گیاهی به‌ویژه گونه‌های مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری مانند ذرت، گوجه‌فرنگی، خیار، سویا و پنبه، زمانی که در معرض سرمازدگی (درجه حرارت‌های کم، ولی بالای

* نگارنده پاسخگو: پرشنگ خلیلی. پست الکترونیک: pkhalili95@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

صفر درجه سانتی‌گراد) قرار گیرند آسیب می‌بینند (Ahmadi et al., 2004). سرمازدگی موجب ضایعات در بافت‌ها، سلول‌ها و اندام‌های این گیاهان می‌شود.

کاهش محصول ناشی از کاهش میانگین دما به میزان یک درجه سانتی‌گراد در حدود ۴۰ درصد برآورد گردیده است (Hekmat Shoar, 1994). اختلالات اصلی شناخته‌شده در تنش سرما یا سرمازدگی، کاهش میزان کلروفیل، مسدود شدن انتقال الکترون در فتوسنتز، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای است (Berova et al., 2002). بسیاری از گونه‌های گیاهی به‌ویژه گونه‌های مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری نظیر گوجه‌فرنگی، خیار، ذرت، پنبه و سویا زمانی که در معرض سرمازدگی با درجه حرارت‌های کم، ولی بالای صفر درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرند، دچار آسیب می‌شوند (Yang and Cheng, 2011). تأثیر اصلی تنش سرما مربوط به اثر منفی است که بر غشای سلولی می‌گذارد و به از دست دادن آب سلول و ایجاد خسارت منجر می‌شود (Serraj and Sinclair, 2002). درجه حرارت‌های کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد، گیاهان را در معرض صدمه سرمازدگی قرار می‌دهد، به‌طوری‌که شاخه و برگ‌های گیاهان زرد شده و طول ساقه‌ها کاهش‌یافته و حتی میوه‌ها بدشکل می‌شوند احتمال پوسیدگی زودرس (قبل از بلوغ میوه‌ها) در چنین شرایطی نیز وجود دارد (Omid Beigi, 2011).

کدو برای رشد مطلوب نیاز به اقلیم‌های گرم (دمای ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد) دارد. البته در بین کدوها، گروه پپوها نسبت به سایر کدوها مقاومت بیشتری به درجه حرارت‌های پایین دارند. در کدوی حلوایی و مسمایی، درجه حرارت‌های پایین در شب موجب شیرین‌تر شدن میوه می‌گردد. در مناطق گرمسیری این گیاهان قابلیت کشت در ارتفاعات تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا را دارند. رشد ساقه‌های جوان در این گیاهان تابع اختلاف درجه حرارت روز و شب است. چنانچه درجه حرارت شب گرم‌تر از روز باشد، رشد ساقه‌های جوان کم شده و کوتاه می‌مانند. مناسب‌ترین درجه حرارت با توجه به مراحل رشد متفاوت است. به‌طوری‌که عکس‌العمل‌های نموی این گیاهان به درجه حرارت، با بلوغ گیاه و تشکیل میوه کاهش می‌یابد (Robinson et al., 1997).

اسید سالیسیلیک هورمونی است که نقش مهمی در مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی بر عهده دارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک عملکرد گیاهی را تحت شرایط تنش افزایش می‌دهد، همچنین این هورمون مرگ سلولی را در مواجهه با انواع تنش‌ها کنترل می‌کند. یکی از واضح‌ترین علائم و نشانه مرگ برنامه‌ریزی‌شده‌ی سلولی تحت تأثیر اسید سالیسیلیک تغییر در میزان بیان پروتئین‌ها است (Mauch et al., 2001). گزارش‌های متعددی مبنی بر نقش اسید سالیسیلیک بر کاهش اثرات ناشی از تنش‌ها وجود دارد. ازجمله اسید سالیسیلیک با اثر بر روی آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی مانند کاتالاز (Slaymarker et al., 2002)، سوپر اکسید دیسموتاز، پلی‌فنل‌اکسیداز (Dat et al., 1998)، پراکسیدازها (El-Tayeb, 2005)، متابولیت‌هایی مانند اسیدآسکوربیک، گلوتاتیون (Borsanio et al., 2001)، منجر به افزایش آن‌ها می‌گردد. سالیسیلیک اسید نسبت به جیبرلین باعث افزایش پاسخ دفاعی و تحمل گیاه به تنش سرما در بذور فرسوده کدوی تخم کاغذی می‌شود (Ghahramani et al., 2015). همچنین تحت اثر تنش سرمایی، فتوسنتز گیاهان پس از مدت کوتاهی (بین چند ساعت تا چند روز) تحت تأثیر قرار می‌گیرد، به‌طوری‌که رشد گیاه و عملکرد محصول، درنتیجه کاهش کربوهیدرات قابل‌استفاده برای تولید دانه کاهش می‌یابد (Ort, 2002;). در این رابطه محققان گزارش دادند گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش سرما با کاهش رشد و محصول همراه بود (Allen and Ort, 2001).

آرمان ۳ ترکیب کاملاً ارگانیک و سازگار با محیط‌زیست است و حاوی چند عنصر غیر سمی، عصاره‌های گیاهان مختلف و چند ماده خوراکی است که هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر گیاه و محیط‌زیست ندارد. در رابطه با تأثیر ترکیب آرمان بر خصوصیات رشدی گیاهان تحت سرما تحقیقات مدون و علمی انجام نشده است، اما گزارش کارایی این ترکیب در تحقیق حاضر ارائه می‌گردد. آزمایش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش سرما بر برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دانهال کدو تحت محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما شامل درصدهای مختلف اسید سالسیلیک و ترکیب ارگانیک آرمان و با هدف ارائه راهکاری کاربردی و اقتصادی برای کشاورزان در جهت حفاظت از محصول انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش سرما (دماهای پایین) و محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما [اسید سالیسیلیک و آرمان ۳ به همراه آب مقطر (شاهد)] بر گیاهچه‌های کدو، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل

www.SID.ir

Archive of SID

تصادفی، در گلخانه و آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در پردیس نازلو با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ ثانیه، طول جغرافیایی ۴۵ درجه و پنج ثانیه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر در بهار ۱۳۹۶ انجام گرفت. بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک این منطقه جز مناطق آب و هوایی سرد و خشک است، میانگین حداکثر سالیانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دما سه درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

فاکتور اول شامل دما در پنج سطح (۱-، ۱، ۳، ۵ و ۷ درجه سانتی‌گراد) و فاکتور دوم شامل محلول‌پاشی در چهار سطح [اسید سالیسیلیک ۰/۲۵ و ۰/۵۰ میلی‌مولار، آرمان ۳ (ترکیب کاملاً ارگانیک و سازگارمحیط‌زیست که حاوی چند عنصر غیرسمی، عصاره‌های گیاهان مختلف و چند ماده خوراکی است که هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر گیاه و محیط‌زیست ندارد) و آب مقطر به‌عنوان شاهد) بود. بذر هر رقم در گلدان‌هایی به قطر ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۱ سانتی‌متر کشت گردید. خاک گلدان‌ها از خاک مزرعه و ماسه به نسبت ۳:۱ (یک واحد ماسه و سه واحد رس) بود. در هر گلدان تعدادی بذر در عمق ۳-۲ سانتی‌متر کشت شدند. گیاهچه‌ها به مدت دو هفته در گلخانه (۲ ±۲۵ درجه سانتی‌گراد) رشد یافتند. محلول‌پاشی بر روی برگ‌های گیاهان در مرحله ۳-۲ برگی انجام شد. دو روز بعد از کاربرد خارجی ترکیبات مقاومت به سرما، گیاهان در فریزر ترموگرادیان، با دماهای موردنظر قرار داده شدند و تیمارهای دمایی ۴ ساعت بر روی گیاهان اعمال شد. گلدان‌های هر تکرار در یک طبقه جداگانه در داخل فریزر قرار گرفت و به‌عنوان یک بلوک در نظر گرفته شد. بعد از اعمال تنش، گلدان‌ها به دمای ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند و بعد از گذشت ۲۴ ساعت به دمای اتاق (۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد) انتقال یافتند (Kamandi et al., 2015) و ارزیابی اثر دما در ترکیبات مقاومت به سرما انجام شد. اندازه‌گیری میزان کلروفیل، با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل ۵۰۲(در برگ‌های جوان کاملاً توسعه‌یافته) به روش آرنون (Arnon, 1949) انجام شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ۵ نمونه از هر گیاهچه (از هر تکرار)، به همراه خاک از گلدان جداشده و با آب کاملاً شسته شدند تا ریشه‌ها به‌طور کامل (از خاک) تمیز شوند. سپس نمونه‌ها در انکوباتور در دمای ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۴ قرار گرفتند، سپس وزن خشک ریشه و اندام هوایی برحسب گرم اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تعیین درصد نشت الکترولیت‌ها، نمونه‌ها پس از شستشو با آب مقطر در ویال حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر دو بار تقطیرشده قرار گرفتند. ویال‌ها ۶ ساعت بر روی شیکر قرارگرفته و هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد (EC1) برای اندازه‌گیری نشت کامل الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها در اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ بار به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (EC2).

درصد نشت الکترولیت هر نمونه=(EC1/EC2)×100 [۱]

برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین بر اساس آزمون دانکن در سطح معنی‌دار پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دما و محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما بر تمام صفات موردبررسی گیاه کدو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اثر متقابل دما و محلول‌پاشی نیز بر صفات وزن خشک ریشه و کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد و نشت یونی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود.

کلروفیل (a, b, SPAD)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۲۱ میلی‌گرم در گرم) در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن با ٪۴۸ کاهش در دمای ۱- درجه به دست آمد (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل b با ٪۳۰ افزایش در محلول‌پاشی با آرمان ۳ به دست آمد که با اسید سالیسیلیک ۰/۵ و ۰/۲۵ در یک گروه آماری قرار داشت. بیشترین شاخص کلروفیل در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد (۸۷/۷) و کمترین آن با ٪۴۷ کاهش در دمای ۱- بود. بیشترین کلروفیل a (۰/۲۴۳ میلی‌گرم در گرم) از ترکیب تیماری دمای ۷ درجه سانتی‌گراد و ۰/۲۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد که با تیمار آرمان ۱ در همین سطح دما در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین کلروفیل a از ترکیب تیماری ۱- درجه سانتی‌گراد و شاهد به دست آمد که با ۰/۲۵ و ۰/۵۰ میلی مولار سالیسیلیک اسید و در همین سطح دمایی و دمای ۱ درجه

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌گراد و ۰/۲۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و دمای ۳ درجه سانتی‌گراد و شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت.

در تیمار محلول‌پاشی بیشترین شاخص کلروفیل با ٪۲۰ افزایش از غلظت ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد که با آرمان ۳ در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین آن (۵۹/۲) مربوط به شاهد بود که با ۰/۵ میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک تفاوت معنی‌داری نداشت. محققان گزارش کردند، کاربرد غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش سرما باعث افزایش کلروفیل b شد (Farzaneh et al., 2013). سنتز کلروفیل از فرآیندهای بسیار حساس به دما است و به‌عنوان روشی کمی برای اندازه‌گیری حساسیت به سرما در گونه‌های مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرد (Colom and Vazzana, 2001). در این آزمایش تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک و آرمان ۳ منجر به افزایش میزان رنگ‌دانه‌ها شد که احتمالاً به دلیل تأثیر اسید سالیسیلیک بر میزان تولید رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از تخریب کلروفیل بود. گزارش‌شده اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار کلروفیل در گیاه عدسک آبی (*Spirodela polyrhiza*) شد (Popova et al., 1997) که نتایج این محققان با نتایج آزمایش حاضر همسو بود. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد گیاهان محلول‌پاشی شده با ۰/۲۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک و آرمان ۳ توانسته‌اند مقدار کلروفیل خود را تحت تنش سرما حفظ کنند و با استفاده از مکانیسم دفاعی بهتر، از تولید و اثرات منفی انواع اکسیژن فعال (ROS) جلوگیری کنند و همین‌طور با حفظ فتوسنتز و انرژی بیشتر تحمل خود را نسبت به شرایط تنش سرما افزایش دهند. نخستین مکان دریافت تنش سرما احتمالاً فتوسیستم دو است که باعث کاهش فلورسانس فتوسیستم دو و توقف فعالیت فتوسنتز براثر سرما می‌شود (Mir Mohamadi Meibodi and Ghareh Yazii, 2002). تنش سرما همچنین سبب اختلال در تولید

جدول ۱. تجزیه واریانس و میانگین مربعات صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کدو تحت محلول‌پاشی و تنش دمایی

Table 1. Analysis of variance for pumpkin morphological and physiological characteristic under foliar application of cold resistance compounds and cold stress

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	نشت یونی EC ($mm.g^{-1}$)	شاخص کلروفیل SPAD
Replication	**تکرار**	2	0.00078**	0.0069**	11199.3ns	203**
Temperature (T)	**دما**	4	0.0232**	0.0167**	17539.8**	2796.1**
Foliar application (F)	**محلول‌پاشی**	3	0.0052**	0.00683**	50898.1**	161.3**
F*T	**دما*محلول‌پاشی**	12	0.00124**	0.00074ns	10746.3*	5.8ns
Error	**خطا**		0000095	0.001	4253.2	17.2
CV (%)	**ضریب تغییرات (٪)**		*6.5*	*20.9*	*5*	*6.6*

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	وزن گیاهچه Seedling weight (g)	وزن خشک ریشه Dry matter of root (g)	طول ریشه‌چه Radicle length (cm)	طول گیاهچه Seedling length (cm)
Replication	**تکرار**	2	0.0875*	0.00057**	8.7**	10.5**
Temperature (T)	**دما**	4	7.4**	0.054**	9.08**	10.02**
Foliar application (F)	**محلول‌پاشی**	3	0.81**	0.012**	0.87**	10.7**
F*T	**دما*محلول‌پاشی**	12	0.024ns	0.0093**	0.016ns	0.35ns
Error	**خطا**		0.020	0.00003	0.058	0.55
CV (%)	**ضریب تغییرات (٪)**		*4.4*	*2.5*	*1.8*	*2.8*

** و* و به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۹۹ و ۹۵ درصد و ns تفاوت غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability level, respectively, and ns: Not significant

www.SID.ir

Archive of SID

کلروفیل و بروز آسیب در واکنش‌های کلروپلاست‌ها می‌گردد (Mellerd and Mcwilliam, 1968). با نزول بیشتر دما کل فرآیند کلروفیل‌سازی متوقف می‌شود و برگ‌ها زرد می‌شوند که نشان‌دهنده کمبود کلروفیل است (Mir Mohamadi Meibodi and Ghareh Yazii, 2002). با توجه به نتایج مقایسه میانگین به نظر می‌رسد که با افزایش دما و استفاده از ترکیبات مقاومت به سرما اثر تیمار بر روی کلروفیل a روند افزایشی و مثبتی داشته است.

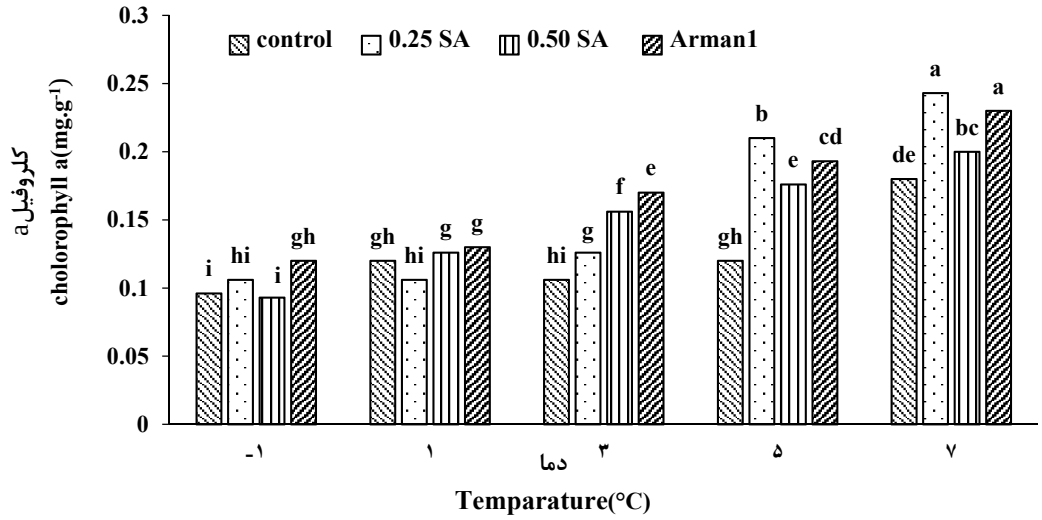
جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک کدو تحت اثر محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما و تنش سرما

Table 2. Mean comparison of pumpkin morphological and physiological characteristics under foliar application of cold resistance compounds and cold stress

دما Temperature (c)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل SPAD ($mg.g^{-1}$)	وزن گیاهچه Seedling weight (g)	طول ریشه‌چه Radical length (cm)	طول گیاهچه Seedling length (cm)
-1	0.11d	41.9e	2.5d	12d	22.9e
+1	0.13cd	52.7d	2.6d	12.3c	24d
+3	0.17b	65.3c	3.2c	13b	25.4c
+5	0.16bc	74.5b	3.5b	13.9a	26.9b
+7	0.21a	78.7a	4.5a	13.9a	30.5a
محلول‌پاشی Foliar application					
شاهد Control	0.13b	59.2b	2.9c	12.8b	25b
۰/۲۵ سالیسیلیک اسید Salicylic acid 0.25	0.16a	66.5a	3.5a	13.3a	26.8a
۰/۵ سالیسیلیک اسید Salicylic acid 0.50	0.17a	60.8b	3.2b	12.9b	25.5b
آرمان ۳ Arman3	0.17a	64a	3.4a	13.2a	26.5a

در هر ستون و عامل آزمایشی میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند

Means in each column followed by the similar letters(s) are not significant different at 1% probability level, using Duncan's multiple test

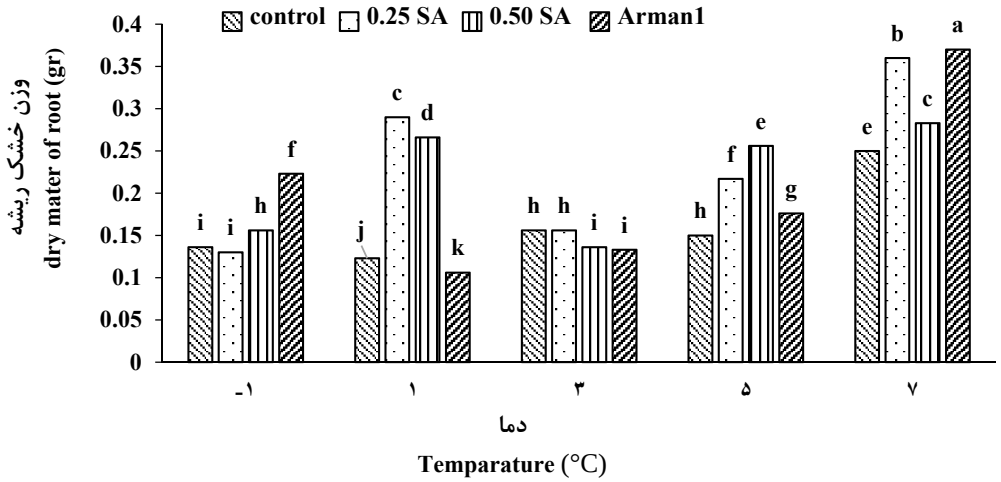


شکل ۱. اثر متقابل دما و محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما بر کلروفیل a کدوحلوایی

Fig. 1. Interaction effect of foliar application of cold resistance compounds and temperature on chlorophyll a in pumpkin

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. اثر متقابل دما و محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما بر وزن خشک ریشه کدوحلوایی

Fig. 2. Interaction effect of foliar application of cold resistance compounds and temperature on dry weight of root in pumpkin

وزن خشک

با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) بیشترین وزن گیاهچه (۴/۵ گرم) مربوط به دمای ۷ درجه و کمترین وزن آن با ٪۴۵ کاهش در دمای ۱- درجه بود. بیشترین وزن گیاهچه با ٪۱۷ افزایش در محلول‌پاشی با ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد که با آرمان ۳ در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین وزن گیاهچه (۲/۹ گرم) مربوط به شاهد بود. بیشترین وزن خشک ریشه (۰/۳۷ گرم) در اثر متقابل دمای ۷ درجه سانتی‌گراد و آرمان ۳ حاصل شد (شکل ۲).

بررسی اثر متقابل دما و محلول‌پاشی در وزن خشک ریشه حاکی از اثر مثبت افزایش دما هم‌زمان با کاربرد محلول‌پاشی دارد که شاید به دلیل کارایی بهتر اسید سالیسیلیک ۰/۲۵ میلی‌مولار و آرمان ۳ در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد نسبت به دماهای کمتر و کاربرد اسید سالیسیلیک ۰/۵۰ میلی‌مولار و شاهد باشد. محققان بیان کردند که طی بررسی وزن خشک ریشه و ساقه و ارتفاع گیاه دو رقم برنج، هر دو رقم تحت تنش سرما با کاهش معنی‌داری همراه بودند که در رقم طارم دم‌سیاه کاهش بیشتری نسبت به رقم اوندا مشاهده شد که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد (Ghorbani et al., 2008). تأثیرات منفی تنش سرما بر کلروپلاست و فتوسنتز، سبب کاهش توان تولید انرژی دستگاه فتوسنتزی، اسیمیلاسیون CO_2 در چرخه تاریکی فتوسنتز گردید که منجر به کاهش تولید کربوهیدرات و کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه می‌گردد و ارقام مطالعه شده تحت استرس این موضوع را اثبات می‌کند (Adeniyi Allen and Ort, 2001).

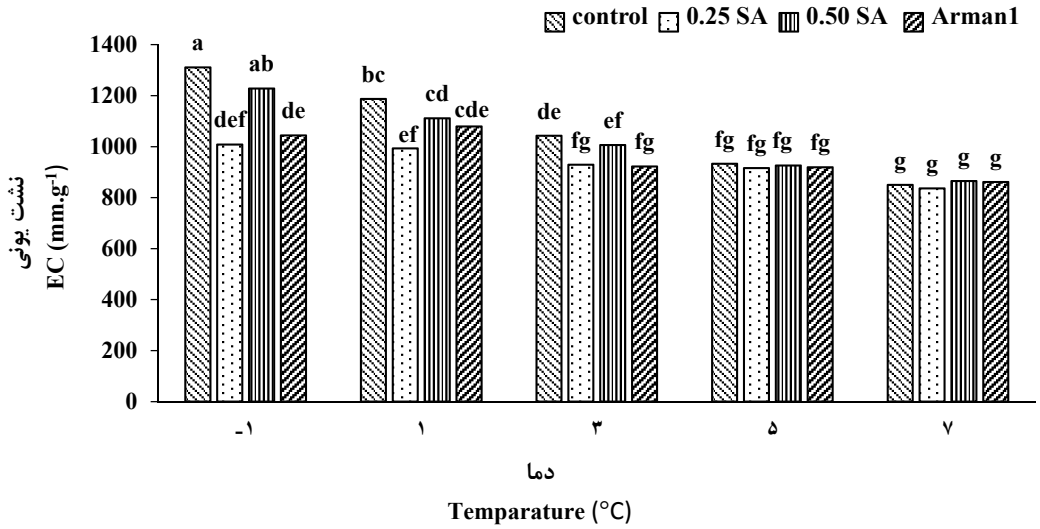
نشت یونی

با توجه به شکل ۳ بیشترین نشت یونی (۱۳۱۱ میلی‌موس بر گرم) از اثر متقابل دمای ۱- درجه سانتی‌گراد و شاهد به دست آمد که با ترکیب تیماری دمای ۱- درجه سانتی‌گراد و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار در یک گروه آماری بود. کمترین نشت یونی (۹۳۶ میلی‌موس بر گرم) در ترکیب تیماری دمای ۷ درجه سانتی‌گراد و سالیسیلیک اسید ۰/۲۵ میلی مولار مشاهده شد. با افزایش دما تا ۷ درجه سانتی‌گراد و کاربرد محلول‌پاشی٪۲۶ کاهش نشت در مقایسه با تیمار دمایی ۱- درجه سانتی‌گراد و محلول‌پاشی مشاهده شد. پراکسیداسیون لیپیدها که منجر به تخریب غشاهای بیولوژیکی می‌گردد، نمایانگر تنش‌های اکسیداتیو در گیاهان است که تحت تنش‌های مختلف مانند تنش سرما ایجاد می‌شود (Ghorbani et al., 2008). تنش سرمازدگی از طریق تغییر در نفوذپذیری سبب افزایش نشت ترکیبات سلول می‌شود (Ali et al., 2011). به نظر می‌رسد که اسید سالیسیلیک ضمن افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های اسمزی به دلیل تحریک هیدرولیز کربوهیدرات‌ها باعث کاهش اثرات منفی دمای پایین و خسارت به غشای سلول به دلیل تجمع مولکول‌های آلی کوچک در اثر کاربرد اسیدسالیسیلیک

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود لذا پایداری سلول و اندامک‌ها طی تنش سرما حفظ‌شده و باعث کاهش نشت الکترولیت می‌شود. رابطه‌ی بین غلظت کربوهیدرات‌های محلول و مقاومت به سرما در سیب، تمشک و انار گزارش شده است (Ershadi and Taheri, 2013). لذا محلول‌های به‌کاربرده شده موجب حفظ و ثبات غشای تحت تنش در برابر نشت مواد داخل سلولی به خارج شده است.



شکل ۳. اثر متقابل دما و محلول‌پاشی ترکیبات مقاومت به سرما بر نشت یونی کدوحلوایی

Fig. 3. Interaction effect of foliar application of cold resistance compounds and temperature on ionic leakage in pumpkin

طول ریشه‌چه و گیاهچه

نتایج جدول ۲ نشان داد که بیشترین طول ریشه‌چه (۱۳/۹ سانتی‌متر) در دمای ۷ درجه به دست آمد که با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین طول ریشه‌چه با کاهش رشد به میزان ٪۱۴ (نسبت به دمای ۷ درجه سانتی‌گراد) در دمای ۱- درجه بود همچنین بیشترین طول گیاهچه (۳۰/۵ سانتی‌متر) در دمای ۷ درجه به دست آمد و کمترین طول گیاهچه با کاهش رشد به میزان ٪۲۵ مربوط به دمای ۱- درجه بود. در دمای پائین، در انتقال مواد در گیاهان، شکل و مقدار مواد انتقال‌یافته، تغییراتی رخ‌داده و باعث کاهش رشد ریشه می‌شود. در اثر سرما و کاهش سنتز ATP، سنتز بسیاری از ترکیبات مانند سیتوکنین و بسیاری از اسیدهای آمینه و برخی از ویتامین‌ها که در ریشه صورت می‌گیرد کمتر انجام‌گرفته و یا با سرعت کمتری به ساقه منتقل می‌شوند. این اختلاف موجب محدود شدن رشد ساقه درنتیجه کاهش سنتز هورمون‌ها می‌شود (Mir Mohamadi Meibodi and Tarkesh Esfahani, 2004). بیشترین طول ریشه‌چه با ٪۴ افزایش (نسبت به شاهد) در محلول‌پاشی با ۰/۲۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد که با آرمان ۳ تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین طول ریشه‌چه (۱۲/۸ سانتی‌متر) مربوط به شاهد بود که تفاوت معنی‌داری با ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک نداشت.

بیشترین طول گیاهچه با ٪ ۷ افزایش در محلول‌پاشی با ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد که با آرمان ۳ در یک گروه آماری قرار داشت و کمترین طول گیاهچه (۲۵ سانتی‌متر) مربوط به شاهد بود که تفاوت معنی‌داری با ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نداشت. برخی اختلالات شناخته‌شده درنتیجه دمای پایین در گیاهان شامل کاهش کلروفیل، کاهش انتقال الکترون در فتوسنتز، کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای و کاهش جذب عناصر غذایی است که همه این عوامل نقش مؤثری در کاهش رشد گیاهان در شرایط تنش سرمازدگی دارند (Akbari et al.,

www.SID.ir

Archive of SID

2015). کاهش رشد ریشه در اثر کاهش دما (یکی از دلایل افزایش اسید آبسیزیک در گیاه مواجه با تنش است) باعث کم شدن ظرفیت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه و به دنبال آن ظهور اثرات ثانویه ناشی از کمبود مواد غذایی و اختلال در رشد گیاه می‌شود ازآنجایی‌که طی تنش گاز اتیلن در بافت‌های گیاه تولید می‌شود و این بازدارنده مانع رشد ساقه و ریشه می‌شود ممکن است کاهش رشد در اثر سرما به دلیل تولید این ماده باشد. هورمون آبسیزیک اسید کند کننده رشد است و هورمون تنشی نامیده می‌شود. بعلاوه وقتی گیاه تحت تنش‌های آب و اکسیژن و مواد غذایی قرار دارد هورمون بازدارنده رشد آبسیزیک اسید سریعاً تولید می‌شود. سردی هوا باعث افزایش هورمون آبسیزیک اسید می‌شود و کاهش جیبرلین را در پی دارد و افزایش آبسیزیک اسید باعث کاهش رشد و طویل شدن ریشه و ساقه می‌شود. محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش طول ساقه در گیاه شاهی شد (Hashemi et al., 2010).

نتیجه‌گیری نهایی

طبق نتایج به‌دست‌آمده کاهش دما آسیب وارده به گیاه را افزایش داد، از طرفی محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و آرمان ۳ سبب بهبود مقاومت گیاه در برابر تنش سرما شد. بدین‌صورت که پس از اعمال تنش سرما محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (۰/۲۵ میلی مولار) و آرمان ۳ سبب افزایش کلروفیل b، وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه، کاهش نشت یونی نسبت به شاهد و اسید سالسیلیک ۰/۵ گردید؛ بنابراین هرچند افت دما تولید محصول را کاهش می‌دهد، اما با اعمال روش‌هایی می‌توان درصد خسارت را کاهش داد. درواقع، استفاده از نهاده با اثربخشی مؤثرتر بر محصول تولیدی، حمایت از اقتصاد تولیدکننده محسوب می‌شود. البته پرواضح است که جهت اطمینان کامل از اثربخشی این ترکیبات، انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای ضروری است.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله کمال تشکر و قدردانی از معاونت پژوهشی محترم دانشگاه ارومیه در خصوص حمایت مالی طرح حاضر را داریم.

منابع

Adeniyi, O.T., Akparobi, S.O., Ekanayake, I.J., 2004. Field studies on chlorophyll a fluorescence for low temperature tolerance testing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Food, Agriculture and Environment. 2(1), 166-170.

Ahmadi, A., Ehsan Zadeh, P., Jabbari, F., 2004. Introduction to Plant Physiology. Tehran University Publication. 455p. [In Persian]

Akbari, S., Sayyary, M., Ghnbari, F., 2015. Increasing chilling resistance of cucumber seedlings by some plant growth regulators. Journal of Crop Production and Processing. 5, 25-36. [In Persian with English summary]

Ali, S., Eslami. S.V., Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadi, M., 2011. Effect of external application of glycine betaine in increase cold tolerance in corn (*Zea mays* L.) seedlings. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(6), 939-945. [In Persian with English summary]

Allen, D.J., Ort, D.R., 2001. Impact of chilling temperature on photosynthesis in warm climate plants. Trends in Plant Science. 6, 36-42.

Arnon, D.I., 1949. Copper enzyme in isolated chlroplasts; polyphenol-oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology. 24, 1-15.

Borsanio, O., Valpuesta, V., Botella, M.A., 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings. Plant Physiology. 126, 1024-1030.

Caili, F., Huan, S., Quanhong,l., 2006. A reviwer on pharmacological activites and utilization technologies of pumpkin. Plant Food for Human Nutrition Journal. 61, 73-80.

Colom, M.R., Vazzana, C., 2001. Drought stress effects on three cultivars of Eragrostis curvula: photosynthesis and water relations. Plant Growth Regulation. 34, 195-202.

Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, CH., Scott, I.M., 1998. Parallel changes in H2O2 and catalase during thermo tolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiology. 116, 1351–1357.

www.SID.ir

Archive of SID

El-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley gains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regulation. 45, 215-225.

Ershadi, A., Taheri, S., 2013. Effect of salicylic acid on spring frost tolerance in grapes (*Vitis vinifera*) white seedless variety. Beh zeraii Journal. 15(2), 135-146. [In Persian with English summary]

Farzaneh, M., Eftekharian Jahromy, A., Javanmardi, S.H., 2013. The Effect of foliar of salysilic asid on Osmolitis Photosynthetic pigments on Solanum melongena L. Under of Cold Stress. Iran Plant Ecophysiology Research. 32(8), 75-83. [In Persian with English summary]

Ghahramani, S., Sedghi, M., Tvakolii, H., 2015. The effect of jibralin and salysilic acid on germination and antioxidant enzymes activity of aged seeds of *Cucurbita moschata*. Seed Research. 5(2), 20-29. [In Persian with English summary]

Ghorbani, A., Zarinkamar, F., Fallah, A., 2009. The effect of cold stress on the morphologic and physiologic characters of two rice varieties in seedling stage. Journal of Plant Breeding. 1(3), 50-66. [In Persian with English summary]

Hashemi, S., Asras, Z., Pourseyedi, S., 2010. Effects of seed pretreatment by salicylic acid on growth and some physiological and biochemical parameters in *Lepidium sativum*. Iranian Journal of Plant Biology. 2(2), 1-10. [In Persian with English summary]

Hekmat Shoar, H., 1994. Physiology of Agronomic Plant in Difficult Condition (Translate). Hekmat Shoar Publication. 251p.

Ilker, R., Breidenbach, R.W., Lyons, J.M., 1979. Sequence of ultrastructural changes in tomato cotyledons during short periods of chilling. In: Lyons, J.M., Graham, D., Raison, J.K. (eds.), Low Temperature Stress in Crop Plants: The Role of Membrane, pp. 97-114. New York, Academic Press.

Kamandi, A., Nezami, A., Kafii, M., Nabati, J., 2015. The effect of different concentrations of paclobutrazol on reducing the effects of freezing stress in two mass of Kochia (*Kochia scoparia*). Environmental Stresses in Crop Sciences. 8(2), 319-334. [In Persian with English summary]

Karimi, H., 2006. A Pictionary of Iran's vegetation (plants). Vol: III. Agricultural Science Iran publication. 96p. [In Persian]

Mauch, F., Mauch-Mani, B., Gaille, C., Kull, B., Haas, D., Reimmann, C., 2001. Manipulation of salicylate content in *Arabidopsis thaliana* by the expression of an engineered bacterial salicylate synthase. The plant Journal. 25, 67–77.

Mellerd, A., Mcwilliam, J.R., 1968. Studies on a maize mutant sensitive to low temperature. Plant Physiology. 43, 1967-1972.

Mir Mohamadi Meibodi, A., Ghareh Yazii, B., 2002. Physiologic and Eugenics Aspect of Plants Salt Stress. Golbon Publication. 247p. [In Persian]

Mir Mohamadi Meibodi, A., Tarkesh Esfahani, S., 2004. Management of Cold and Freezing Stress in Field Plants. Jahad Daneshgahii Publication. Esfahan Unit. 336p. [In Persian]

Omid Beigi, R., 2011. Production and processing of medicinal plants. Vol. 2. Astan Quds Razavi publication. 438p. [In Persian]

Ort, D.R., 2002. Chilling-induced limitations on photosynthesis in warm climate plants: contrasting mechanisms. Environmental Control in Biology. 40, 7-18.

Ptitchkina, N.M., Novokreschonova, L.V., Piskunova, G.V., Morris, E.R., 1998. Large enhancements in loaf volume and organoleptic acceptability of Wheat bread by small additions of pumpkin powder: possible role of acetylated pectin in stabilizing gas-cell structure. Food Hydrocolloids.12, 3-7.

Popova, L., Pancheva, T., Uzunova, A., 1997. Salicylic acid: Properties, Biosynthesis and Physiological role. Plant Physiology. 23, 85-93.

Rakcejeva, T., Galoburda, R., Cude, L., Strautiniece, E., 2011. Use of dried pumpkins in wheat bread production. Procedia Food Science.1, 441-447.

Robinson, R.W., Decker-Walter, D.S., 1997. Cucurbits. CAB International. 226p.

Serraje, R., Sinchlair, T.R., 2002. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions. Plant, Cell and Environment. 25, 333-341.

Slaymarker, D.H., Navarre, D.A., Clark, D., Pozo, O.D., Martin, G.B., Klessig, D.F., 2002. The Tobacco salicylic acid-banding protein 3 (SABP3) is the chloroplast carbonic anhydrase, which exhibition antioxidant activity and plays a role in the hypersensitive defense response. Proceeding of the National Academy of

www.SID.ir

Archive of SID

Sciences of the United States of America. 99 (18), 11640-11645.

Wang, C.Y., Adams, D.O., 1980. Ethylene production by chilled cucumbers (*Cucumis sativus* L.). Plant Physiology. 66, 841- 843.

Yang, H., Wu., F., Cheng, G., 2011. Reduced chilling injury in cucumber by nitric oxide and antioxidant response. Journal of Food Chemistry. 127(3), 1237-1242.

www.SID.ir