نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 30، شماره 3، پاییز 1395، ص. 554-547
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 3, Fall 2016, P. 547-554
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر اسپرمیدین روی القای تحمل به سرما در گیاهچه‌های خیار رقم 'سوپردامینوس'

گلنار قاضیان تفریشی[1]- حسین آروئی[2*]- مجید عزیزی[3]- حمیدرضا خزاعی[4]- سعیدرضا وصال[5]

تاریخ‌ارسال: 1394/05/22

تاریخ پذیرش 1394/10/22

چکیده

خیار یک گیاه فصل گرم و حساس نسبت به سرمازدگی می‌باشد و در صورت مواجهه با سرمای بهاره رشد آن به شدت کاهش یافته یا متوقف می‌شود. به منظور بررسی تاثیر مواد تنظیم کننده رشد (اسپرمیدین) بر ایجاد مقاومت به سرما در گیاهچه‌های خیار رقم سوپردامینوس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با هشت تیمار و در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: دو سطح دما (6 و 12 درجه سانتی‌گراد) و چهار سطح اسپرمیدین (0، 0/25، 0/5 و 0/75 میلی‌گرم در لیتر) بود. وزن خشک ریشه‌چه، نسبت وزن ریشه به اندام‌های هوایی و درصد کلروفیل برگ تحت اثر تنش سرما و کاربرد اسپرمیدین قرار گرفتند. اثرات متقابل کاربرد اسپرمیدین و تنش سرما بر طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن خشک اندام‌های هوایی و نشت الکترولیت برگ و ریشه‌معنی‌دار بود ($p<0.01$). نسبت وزن ریشه به اندام‌های هوایی با کاهش دما افزایش یافت که به دلیل اثر کمتر تنش بر وزن ریشه نسبت به وزن اندام هوایی بود. طول ریشه چه و ساقه چه در دمای 6 درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای 12 درجه سانتی‌گراد بیش از 79 درصد کاهش یافت. کاربرد سطوح 0/25 و 0/5 میلی‌گرم اسپرمیدین سبب افزایش طول ریشه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و اندام هوایی و محتوی کلروفیل گردید. بین صفات محتوی کلروفیل و وزن خشک اندام های هوایی همبستگی مثبت و معنی دار ($r^2= 0.96^{**}$) مشاهده شد. اما با افزایش غلظت تا 0/75 میلی‌گرم در لیتر میزان این صفات کاهش یافت. میزان نشت الکترولیت در برگ و ریشه با کاهش دما، افزایش یافت، اما میزان افزایش نشت الکترولیت برگ کمتر از ریشه بود. سرما سبب بروز کلروز در برگ ها و کاهش محتوی کلروفیل برگ‌های خیار شد (از 52 درصد در 12 درجه سانتی‌گراد به حدود 37 درصد در 6 درجه سانتی‌گراد). بنابراین تیمار بذر خیار با استفاده از سطح 0/25 میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین جهت ایجاد مقاومت به سرما در گیاهچه‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: طول ساقه‌چه، محتوای کلروفیل، نشت الکترولیت، وزن خشک ریشه‌چه

مقدمه

خیار (*Cucumissativus*) یکی از سبزی‌های جالیزی متعلق به تیره کدوئیان است که از نظر اقتصادی مقام چهارم را دارد (31). خیار به طور معمول در دماهای 20 تا 25 درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند و به دماهای زیر 10 درجه سانتی‌گراد حساس است (3). در مناطق سردسیر ایران که کشاورزان خیار را در اوایل بهار کشت می‌کنند، بروز سرماهای بهاره در اول فصل رشد باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های خیار می‌شود. سرما (دماهای پایین اما بالای صفر)، یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان در سراسر جهان است. صدمات سرما معمولا شامل ایجاد تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان می‌گردد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که سرما سبب تخریب لیپیدهای موجود در غشاء و تغییر در نفوذپذیری آنها، (5) و همچنین تغییر در مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی (12) و نهایتا کاهش فتوسنتز می گردد (17).

سرما سبب کاهش سیالیت غشاء در گیاهان حساس و افزایش انرژی فعال‌سازی آنزیم‌های غشایی می‌گردد و نهایتا تعادل متابولیک سلول را به هم زده سبب تجمع متابولیت‌های سمی می‌شود (33).

محققین بسیاری به نقش مثبت پلی‌آمین‌ها در مقابله گیاهان با تنش‌های محیطی اشاره کرده‌اند (1، 4و 11). پلی‌آمین‌ها محافظت کننده‌های اسمزی هستند (24) که به طور طبیعی در بافت‌های گیاه یافت می‌شوند. امروزه از پلی‌آمین‌ها به عنوان تنظیم کننده‌های رشد یاد می‌شود که شامل اسپرمین، اسپرمیدین، و پوتریسین هستند و

1، 2، 3- دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: aroiee@um.ac.ir)
4-استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
5-استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، پژوهشکده علوم گیاهی

نقش مهمی در تنظیم فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه دارند (23) و سبب بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه در شرایط تنش می شوند (30). پلی‌آمین‌ها می‌توانند به عنوان پیام‌رسان تنش در شرایط محیطی مختلف عمل کنند (25).

روی و همکاران (32) و کوبیس (21) اعلام کردند که کاربرد اسپرمیدین بر برنج و خیار مانع از آسیب غشاء سلولی در شرایط تنش سرمایی و در نتیجه کاهش نشت الکترولیت و خروج آمینواسیدها از سلول می‌شود.

اثرات کاربرد اسید سالیسیلیک بر رشد ریشه-چه و برگ‌های گیاهچه خیار (19) و گوجه‌فرنگی (15) در شرایط تنش سرما نشان داد که سرما سبب افزایش نشت الکترولیت هیپوکوتیل گیاهچه‌ها شد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش گلوتاتیون و کاهش اثرات سرما در هیپوکوتیل خیار و گوجه‌فرنگی گردید.

ژانگ و همکاران (36)، اعلام کردند که تحمل خیار به سرما با کاربرد پلی‌آمین‌ها افزایشمی‌یابد. نتایج نشان داد که کاربرد اسپرمیدین و پوتریسین، سبب کاهش نشت الکترولیت و مقدار مالون‌دی آلدیید در برگ‌های ارقام مقاوم به سرما شد. آن‌ها اعلام کردند که نقش پلی‌آمین‌ها در مواجهه با تنش سرما از طریق فرآیندهای اکسیداتیو است.

در سال های اخیر سرمازدگی باعث بروز خسارت در محصول خیار مزرعه‌ای شده و با توجه به افزایش قیمت محصول در اثر افت تولید ناشی از سرما، در این تحقیق امکان ایجاد مقاومت به سرما در گیاهچه‌های خیار سوپردامینوس با کاربرد اسپرمیدین مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با هشت تیمار و در سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل دو سطح دما (6 و 12 درجه سانتی‌گراد) و چهار سطح اسپرمیدین (0، 0/25، 0/5 و 0/75 میلی‌گرم در لیتر) بود. به منظور اجرای آزمایش، تعداد 24 عدد پتری دیش در نظر گرفته شد. در هر پتری دیش تعداد 25 بذرخیار رقم سوپردامینوس روی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفتند و پتری دیش‌ها به اتاقک رشد با دمای 20 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 70 درصد و شرایط تاریکی منتقل شد. پس از 48 ساعت بذور جوانه زده شده (با طول ریشه‌چه 5 میلی‌متر)، برای اعمال تیمارها آماده شدند (14). تعداد 20 گیاهچه در هر پتری دیش قرار گرفت. تیمارهای مختلف در هر پتری اعمال شد. سپس گیاهچه‌های تیمار شده به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه 10 سانتی‌متر و پر شده از خاک پیت (مخلوط 1: 1:1 پیت ماس : کوکوپیت: خاک مزرعه) منتقل شده و سپس گلدان ها به دو گروه تقسیم و جهت اعمال بعدی تیمار سرما در اتاقک‌های رشد مجزا با دمای 25 درجه سانتی‌گراد و 12 ساعت روشنایی در روز قرار گرفتند. پس از اینکه گیاهچه‌ها به مرحله سه برگ حقیقی رسیدند، جهت اعمال تیمار سرما، به مدت 24 ساعت دمای اتاقک‌های رشد روی 6 و 12 درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. پس از گذشت این زمان، به منظور گرم شدن مجدد، گیاهچه‌ها به مدت 24 ساعت دیگر در دمای 25 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند.و سپس صفات محتوای کلروفیل، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه‌ها، نسبت وزن خشک اندام‌هوایی به ریشه، و نشت الکترولیت برگ و ریشه در آن‌ها اندازه گیری شد.

در انتهای دوره آزمایش بوته‌ها ازاتاقک رشد خارج و میزان کلروفیل برگ نمونه‌ها توسط دستگاه SPAD (مدل OPTI-SCIENCES CCM-200) اندازه گرفته شد. اندازه‌گیری نشت الکترولیت بر اساس روش مارکووسکی و اسکرودلیک (27) انجام شد.

به منظور ارزیابی اثرات منفی سرما، بوته‌ها به روش مشاهده چشمی بررسی و در گروه‌های زیر طبقه‌بندی شدند:

گروه 1: بدون علائم سرمازدگی، گروه 2: نقاط نکروزه شده کوچک بر اندام‌های هوایی (نکروزه شدن کمتر از 5 درصد سطح برگ)، بدون تاثیر منفی بر رشد، گروه 3: مشاهده نقاط نکروزه در 5 تا 25 درصد سطح برگ و اندام‌های هوایی، گروه 4: وجود 26 تا 50 درصد نقاط نکروزه در برگ و اندام‌های هوایی و بروز اثرات منفی شدید بر رشد گیاهچه، بدون مشاهده مرگ بوته‌ها، گروه 5: نکروزه شدن کل اندام‌های هوایی و مرگ گیاهچه (20).

در گیاهچه‌های حاصله، پس از خارج کردن ریشه‌ها از گلدان، ریشه‌ها جهت حذف باقیمانده محیط کشت به دقت در داخل ظرف آب شستشو داده شده و اندام هوایی در محل طوقه از ریشه جدا شد. در هر تیمار طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ده گیاهچه اندازه‌گیری و میانگین آن ثبت گردید. سپس گیاهچه‌های هر تیمار به طور جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار گرفته به آون 70 درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از 48 ساعت وزن خشک نمونه‌ها ثبت شد.

داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.8 آنالیز شدند. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و به کمک نرم افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

گیاهچه‌هایی که در معرض دمای پایین قرار گرفته بودند نشانه‌های تنش سرما، شامل نکروزه شدن 5 تا 25 درصد سطح برگ را نشان دادند. با کاربرد سطوح 0/25 و 0/5 میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین، علائم نکروزه سطح برگ به 5 درصد کاهش یافت. کاربرد سطح 0/75 میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین باعث افزایش 50 درصدی علائم نکروزه در دمای 6 درجه سانتی‌گراد شد (جدول 1). بر اساس

مشاهدات چشمی، در دمای 12 درجه سانتی‌گراد کمترین (1 نمره) و بیشترین (1/6 نمره) میزان خسارت به ترتیب متعلق به تیمارهای کاربرد سطوح 0/25 و 0/75 میلی‌گرم بر لیتر اسپرمیدین بود. در دمای 6 درجه سانتی‌گراد نیز به ترتیب کمترین (1/5 نمره) و بیشترین (3/6 نمره) میزان خسارت در تیمارهای کاربرد سطوح 0/25 و 0/75 میلی‌گرم بر لیتر اسپرمیدین مشاهده شد. بروز خسارت در بافت‌های گیاهی در غلظت‌های بالای اسپرمیدین توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است. طبق گزارشات موجود، اسپرمیدین در غلظت بالا برای سلول‌های گیاهی سمی است (21، 22، 28).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دما، کاربرد مواد تنظیم کننده رشد و اثر متقابل دما و کاربرد مواد تنظیم کننده رشد بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک اندام‌های هوایی، نشت الکترولیت ریشه‌چه و برگ معنی‌دار بود اما وزن خشک ریشه‌چه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه و درصد کلروفیل فقط تحت اثر دما و سطوح اسپرمیدین قرار گرفت ($p<0.01$) (جدول 2).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، وزن خشک ریشه‌چه با کاهش دما، کاهش یافت در حالی‌که نسبت وزن ریشه‌چه به اندام‌های هوایی در مواجهه با سرما افزایش یافت. دلیل این امر اثر کمتر تنش سرما بر وزن خشک ریشه‌چه نسبت به وزن خشک اندام‌های هوایی بود. طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در دمای 6 درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای 12 درجه سانتی‌گراد بیش از 79 درصد کاهش یافت (جدول 3).

در زمان مواجه شدنریشه و اندام هوایی با تنش سرما، در اغلب گیاهان حساس به سرما، نشانه‌های تنش کمبود آب در گیاه ظاهر می‌شود که به عنوان تنش آبی ناشی از سرمازدگی شناخته می‌شود (10).

نتایج بررسی میزان نشت الکترولیت در گیاهان مورد تیمار نشان داد که میزان نشت الکترولیت در برگ و ریشه با کاهش دما، افزایش یافت (جدول 2). اما میزان افزایش نشت الکترولیت برگ کمتر از ریشه بود به طوری که با کاهش دما نشت الکترولیت در برگ‌ها در حدود 25 درصد و در ریشه‌ها بیش از 75 درصد بود به طوری که نشت الکترولیت ریشه با کاهش دما بیش از 52 درصد افزایش یافت اما درصد افزایش نشت الکترولیت در برگ‌ها تقریبا 35 درصد افزایش یافت. تغییر در نفوذپذیری غشاء و اختلال در ساختار غشاء در شرایط مواجهه با تنش سرما سبب افزایش نشت الکترولیت برگ‌ها می‌شود (8 و5).

گزارش شده که در خیار (19) و گوجه‌فرنگی (15) افزایش نشت الکترولیت در مواجهه با سرما نشان دهنده میزان حساسیت گیاه به تنش است. در گیاه کلزا مشاهده شد که میزان نشت الکترولیت در ارقام متحمل به سرما کمتر از ارقام حساس به تنش بود (29).

سرما سبب کاهش میزان کلروفیل برگ‌های خیار شد، به طوری که میزان کلروفیل از 52 درصد در دمای 12 درجه سانتی‌گراد به حدود 37 درصد در دمای 6 درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (جدول 2). همبستگی مثبت و معنی داری بین میزان کلروفیل برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی مشاهده شد ($r^2=0.96^{**}$). کاهش محتوی کلروفیل در دمای پایین (6 درجه سانتی‌گراد) سبب کاهش تجمع ماده خشک در گیاه گردید. کلروفیل‌ها انرژی نورانی را به دام انداخته و به دستگاه فتوسنتزی منتقل می‌کنند، بنابراین محتوی کلروفیل برگ به طور مستقیم بر میزان فتوسنتز برگ و در نتیجه تجمع مواد فتوسنتزی و وزن خشک تاثیر می گذارد (7 و 9).

کلروز برگ‌ها یک نشانه اولیه سرما است که به دلیل کاهش در رنگیزه‌های فتوسنتزی پدید می‌آید (33). کاهش رنگیزه‌ها می‌تواند به علت تأثیر سرما در افزایش میزان پراکسیداسیون باشد. این تخریب می‌تواند در غشاء کلروپلاست‌ها و تیلاکوئیدها رخ دهد و به کاهش میزان رنگیزه‌ها منتهی گردد (35).

بروز تنش اکسیداتیو در کلروپلاست‌ها به دلیل انتقال انرژی مولکولهای کلروفیل تحریک شده در وضعیت سه تائی به اکسیژن و ایجاد اکسیژن رادیکال است. رادیکال اکسیژن ایجاد شده بسیار مخرب بوده و اثر نامطلوبی بر پروتئین‌ها و مرکز واکنش فتوسیستم II می‌گذارد (16).

جدول 1- اثرات تنش سرما و کاربرد اسپرمیدین بر میزان علائم خسارت سرما به روش مشاهده چشمی

Table 1-The effect of cold temperature and spermidine application on the degree of visual damage symptoms

Treatment تیمار	Degree نمره
6 °C	3
	0 mg/L Spd
	1.5
	0.25 mg/L Spd
	1.6
	0.5 mg/L Spd
	3.6
	0.75 mg/L Spd
12 ° C	1.1
	0 mg/L Spd
	1
	0.25 mg/L Spd
	1.1
	0.5 mg/L Spd
	1.6
	0.75 mg/L Spd

جدول ۲-تجزیه واریانس صفات مختلف گیاهچه‌های خیار رقم 'سوپردامینوس' تحت تاثیر سطوح مختلف دما و کاربرد اسپرمیدین

Table 2- ANOVA of cucumber different characteristics cv.'Super-Dominus' effected by different spermidine and temperature levels

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Means of squares						
		طول ریشه چه Root Length	طول ساقه چه Shoot Length	وزن خشک ریشه چه Root Dry Weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot Dry Weight	وزن ریشه چه به اندام های هوایی Root/Shoot	نشت الکترولیت ریشه چه Root EL	نشت الکترولیت برگ Leaf EL	میزان کلروفیل برگ Leaf Chl
دما Temperature	1	**13471	**718	**1.35	**0.61	**0.09	**7632	**1552	**1350
اسپرمیدین Spermidine	3	**64.10	**27.83	**0.08	**0.05	**0.01	**98.83	**55	**55.38
دما×اسپرمیدین T× S	3	**5.60	**9.67	0.001	**0.005	0.001	**65.33	**41.4	1.66
خطا Error	16	0.21	0.02	0.002	2.12	0.0007	1.58	1.29	1.16
کل Total	23	13471	718	1.35	0.61	0.09	7632	1552	1350
ضریب تغییرات CV (%)		11.23	9.08	12.84	11.69	9.8	10.38	11.98	9.67

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

*, ** significant at 0.05 and 0.01 probability levels respectively

EL: Electrolyte leakage, Chl: Chlorophyll content

جدول 3-مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری در خیار رقم 'سوپر دامینوس' تحت اثر تیمار های دمایی و کاربرد اسپرمیدین

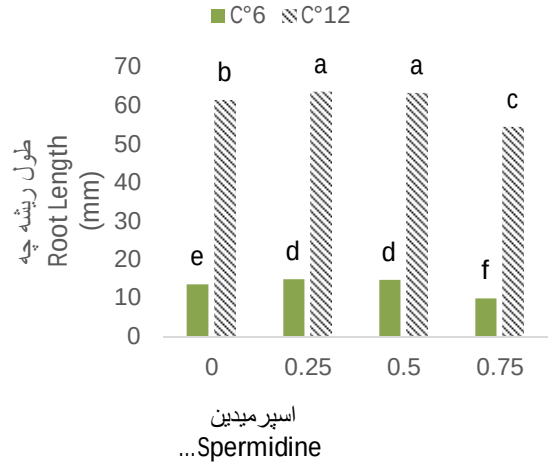
Table 3-Effect of different spermidine and temperature levels on some characteristics of cucumber cv. 'Super-Dominus'

کلروفیل برگ Leaf Chl (%)	وزن ریشه چه / وزن اندام های هوایی Root/Shoot	وزن خشک ریشه چه Root Dry Weight (g)	تیمار Treatments
36.91[b]	0.37[b]	0.65[b]	6°c
51.91[a]	0.50[a]	1.13[a]	12°c
42.33[b]	0.41[b]	0.86[b]	0 mg/L Spd
46.50[a]	0.48[a]	1.00[a]	0.25mg/L Spd
47.50[a]	0.48[a]	0.96[a]	0.5 mg/L Spd
41.33[b]	0.39b	0.73[c]	0.75 mg/L Spd

کاربرد سطوح 0/25 و 0/5 اسپرمیدین در هردو شرایط دمایی سبب افزایش طول ریشه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و اندام هوایی و درصد کلروفیل گردید. اما میزان این صفات با مصرف 0/75 میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین کاهش یافت. به جز در مورد وزن خشک اندام‌های هوایی، تفاوت معنی‌داری بین کاربرد سطوح 0/5 و 0/25 اسپرمیدین مشاهده نشد (جدول 2). گزارش شده که حداکثر فعالیت ریشه خیار در غلظت‌های 0/5 و 1 میلی مولار حاصل می‌شود (30).

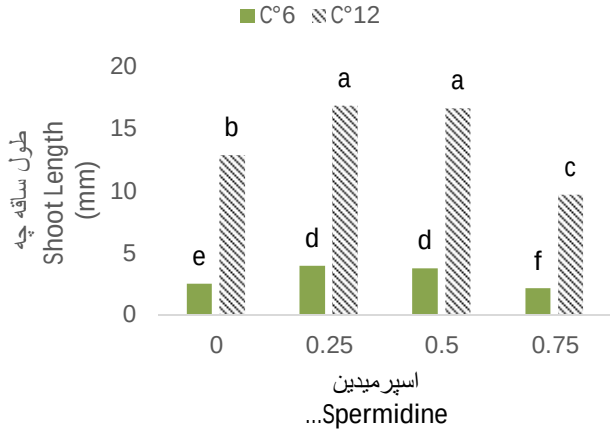
مقایسه اثرات متقابل نشان داد که طول ریشه‌چه و ساقه‌چه خیار با کاهش دما کاهش یافت، اما کاربرد مقادیر 0/25 و 0/5 میلی‌مولار اسپرمیدین، هم در دمای 6 درجه سانتی‌گراد و هم در دمای 12 درجه سانتی‌گراد سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گردید (شکل 1و 2). در گیاهان حساس به سرما معمولاً اندازه سلول‌ها در بافت‌هایی که در شرایط کم آبی قرار می‌گیرند،کاهش یافته و میزان بافت‌های آوندی و همچنین ضخامت دیواره سلولی در آنها افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، فرآیندهای مربوط به طویل شدن سلول‌ها نسبت به فرآیندهای تقسیم سلولی از آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار هستند (6). گزارش شده است که کاهش رشد گوجه‌فرنگی در مواجهه با تنش سرما به دلیل کاهش میزان فتوسنتز و کمبود کربوهیدرات‌ها در گیاهچه است (2). کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها به دلیل کاهش رشد آن‌ها است (13). گزارش شده که فعالیت و رشد ریشه بوته‌های سرما زده با مصرف 0/5 تا 1 میلی مول اسپرمیدین افزایش می‌یابد (26).

وزن خشک اندام‌های هوایی نیز با کاربرد دما کاهش یافت اما کاربرد اسپرمیدین میزان اثر سرما بر این صفت را کاهش داد. افزایش میزان اسپرمیدین سبب کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی چه در شرایط تنش و چه در شرایط بدون تنش گردید (شکل 3).



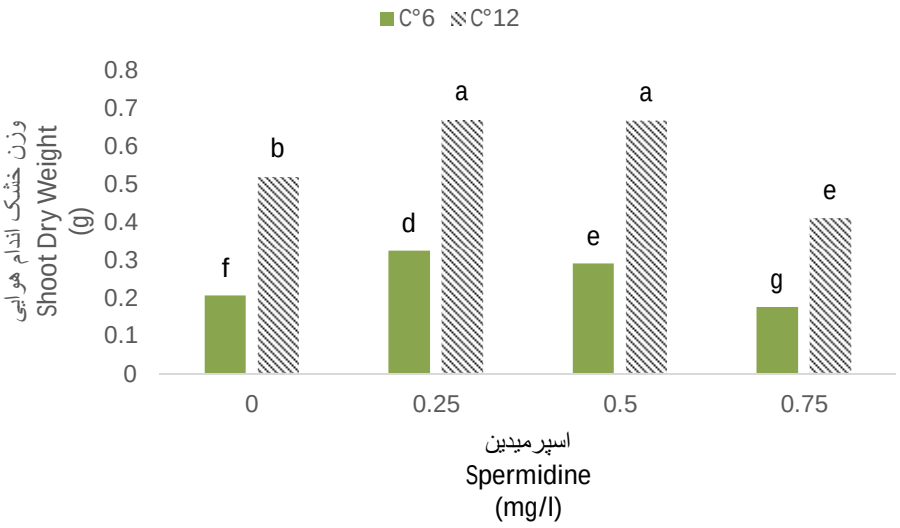
شکل 1-اثر متقابل دما و اسپرمیدین بر طول ریشه چه خیار'سوپر دامینوس'

Figure 1-The effect of spermidine and temperature on root length of cucumber cv. 'Super-Dominus'



شکل 2- اثر متقابل دما و اسپرمیدین بر طول ساقه چه خیار رقم'سوپر دامینوس'

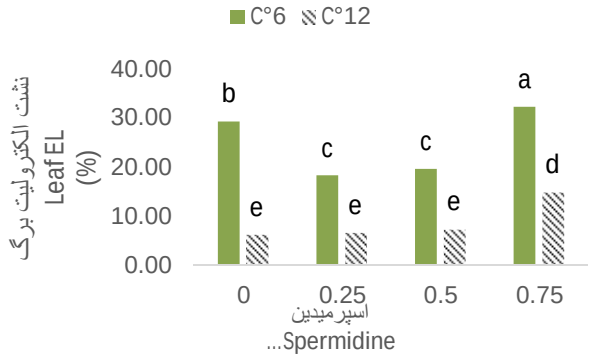
Figure 2-The effect of spermidine and temperature levels on shoot length of cucumber cv. 'Super-Dominus'



شکل 3- اثر متقابل دما و اسپرمیدین بر وزن خشک اندام‌های هوایی خیار رقم 'سوپر دامینوس'

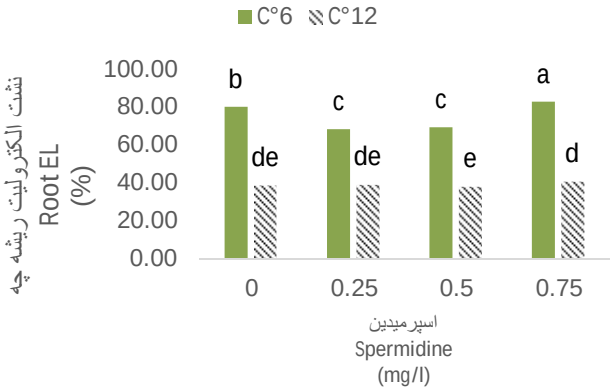
Figure 3-The effect of spermidine and temperature levels on shoot dry weight of cucumber cv. 'Super-Dominus'

میزان نشت الکترولیت برگ و ریشه در مواجهه با تنش سرما افزایش یافت و کاربرد اسپرمیدین سبب کاهش نشت الکترولیت در برگ و ریشه چه شد، اگرچه مصرف سطح 0/75 اسپرمیدین سبب افزایش نشت الکترولیت در برگ و ریشه گردید. کمترین میزان نشت الکترولیت در برگ‌ها و ریشه در دمای 12 درجه سانتی‌گراد و با کاربرد سطوح 0/25 و 0/5 میلی‌گرم بر لیتر اسپرمیدین مشاهده شد. بیشترین میزان نشت الکترولیت مربوط به کاربرد سطح 0/75 میلی‌گرم بر لیتر اسپرمیدین در دمای 6 درجه سانتی‌گراد بود (شکل 4 و 5).



شکل 4- اثر متقابل دما ×اسپرمیدین بر میزان نشت الکترولیت در برگ خیاررقم 'سوپر دامینوس'

Figure 4-The effect of spermidine×temperature on leaf electrolyte leakage of cucumber cv. 'Super-Dominus'



شکل 5- اثر متقابل دما × اسپرمیدین بر میزان نشت الکترولیت در ریشه خیاررقم 'سوپر دامینوس'

Figure 5-The effect of spermidine×temperature on root electrolyte leakage of cucumber cv. 'Super-Dominus'

اسپرمیدین از طریق افزایش ثبات غشاء سلولی، اثرات منفی ناشی از تنش را کاهش می‌دهد و سبب کاهش نشت الکترولیت سلول‌ها می‌شود (32). اسپرمیدین نقش مهمی را در مقاومت به سرمای خیار بازی می‌کند که این کار را احتمالاً از طریق جلوگیری از فعالیت حاصل از سرمای NADPH اکسیداز در میکروزوم‌ها رخ می دهد (30 و 34). همچنین گزارش شده که پلی‌آمین‌ها از طریق به دام انداختن گونه‌های فعال اکسیژن، اثرات مخرب تنش سرما را در گیاهان کاهش می‌دهند (11 و 18).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی، میزان نشت الکترولیت ریشه و برگ و میزان کلروفیل برگ خیار تحت تاثیر تنش سرما قرار گرفت. مصرف مقدار 0/25 میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین سبب بهبود صفات مورد بررسی در شرایط تنش سرما گردید. تفاوت معنی‌داری بین مصرف مقادیر 0/5 و 0/25 میلی‌گرم اسپرمیدین مشاهده نشد. اما مصرف 0/75 میلی‌گرم اسپرمیدین چه در شرایط تنش سرما و چه در شرایط بدون تنش بر صفات اندازه‌گیری شده اثر منفی داشت.

منابع

1. Alcazar R., García-Martinez J.L., Cuevas J.C., Tiburcio A.F. and Altabella T. 2005. Overexpression of ADC2 in Arabidopsis induces dwarfism and late-flowering through GA deficiency. Plant Journal, 43(3):425–436.
2. Allen D.J. and Ort D.R. 2001.Impact of chilling temperature on photosynthesis in warm climate plants.Trends in Plant Science, 6: 36-42.
3. Borowski E. 2009. Response to chilling in cucumber (*Cucumissativus*L.) plants treated with triacontanol and Asahi SL. ActaAgrobotanica, 62 (2): 165-172.
4. Bouchereau A., Aziz A., Larher F. and Martin Tanguy J. 1999. Polyamines and environmental challenges: recent development. Plant Science, 140: 103-125.
5. Chen Y.Y. and Lin C. 1993.Effect of LAB 173711, an ABA analogue, on low – temperature resistance of mung-bean seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 12: 51-55.
6. Claudio L. and Andrea S. 1998. Effects of water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in *Vitisviinifera* L. Journal of Experimental Botany, 49(321): 693-70.
7. Curran P.J., Dungan J.L. and Gholz H. L. 1990.Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine.Tree Physiology, l7:33-48.
8. DeKok J.L. and Kuiper P.J.C. 1977.Glycolipid degradation in leaves of the thermophiles *Cucumissativus*as affected by light and low temperature treatment. Physiological Plantarum, 39:23-128.
9. Filella I., Serrano I., Serra J. and Penuelas J. 1995.Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. Crop Science, 35:1400-1405.
10. Francois O. 2007. Cold acclimation and freezing tolerance in plants.Encyclopedia of life sciences, 53:67-78.
11. Groppa M.D. and Benavides M.P. 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advance. Amino Acids, 34: 35–45.
12. Haldimann P. 1998. Low growth temperature induced changes to pigment composition and photosynthesis in *Zea mays* genotypes differing in chilling sensitivity. Plant Cell and Environment, 21: 200-208.
13. Hassibi P., Moradi F. and Nabipour M. 2007.Screening of rice genotypes for low temperature stress-using chlorophyll fluorescence.Iranian Journal of Crop Science, 9(1): 14-31. (in Persian with an English summary).
14. He L., Nada K.and Tachibana S. 2002.Effects of Spermidine Pretreatment through the Roots on Growth and Photosynthesis of Chilled Cucumber Plants (*Cucumissativus* L.).Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 71(4): 490-498.
15. Hosseini-NiaS. 2010. An investigation on the effect of chilling stress on physiological characteristics of tomato .MSc thesis.Science department, Razi University, Iran. (in Persian with an English summary).
16. Jin E.S., Yokthongwattana K., Polle J.E.W. and Melis A. 2003.Role of the reversible xanthophyll cycle in the photosystem II damage and in *dunaliellasalina*. PlantPhysiology,132:325-364.
17. Jun S. S., Kim J., Lee Ch. 2001.A comparative study on the effect of chilling treatment in the light and in the dark on subsequent photosynthesis in cucumber.Australian Journal of Plant Physiology, 28 (6): 489-496.
18. Kakkar R. K. and Sawhney V.K. 2003.Polyamine research in plants—a changing perspective.PhysiologiaPlantarum, 116, 281–292.
19. Kang H.M. and Saltveit M. E. 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected by salicylic acid. PhysiologiaPlantarum, 115: 571–576.
20. Korkmaz A. 2002. Amelioration of chilling injuries in watermelon seedlings by Abscisicacid.Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 26: 17-20.
21. Kubis J. 2008. Exogenous spermidine differentially alters activities of some scavenging system enzymes, $H_2O_2$and superoxide radical levels in water-stressed cucumber leaves. Journal of Plant Physiology, 165:397-406.
22. Kumar A., Taylor M., Altabella T. and Tiburcio A.F. 1997. Recent advances in polyamine research. Trends in Plant Science, 2(4): 124-130.
23. Kusano T., Yamaguchi K., Berberich T. and Takahashi Y. 2007.Advances in polyamine research. Journal of Plant Research, 120: 345–350.
24. Lee T.M., Lur H.S., Lin Y.H. and Chu C. 1996. Physiological and biochemical changes related to methyl jasmonate-induced chilling tolerance of rice (*Oryza sativa* L) seedlings. Plant Cell and Environment, 19: 65-74.

25. Liu J.H., Kitashiba H., Wang J., Ban Y. and Moriguchi T. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology, 24:117–126.
26. Lu-lu Y., Xiu-hua Y., Kun K., Dao-jie H., Ying-hua W., Zhen-hang X. and Xian-chang Y. 2007. Effect of spermidine on chilling tolerance in cucumber seedlings.ActaHorticulturaeSinica, 34: 1309-1312.
27. MarkowskiSkrudlik G. 1995. Electrolyte leakage, ATP content in leaves and intensity of net photosynthesis in maize seedlings at permanent or different daily exposure to low temperature.Journal of Agronomy and Crop Science, 175:109-117.
28. Masgrau C., Altabella T., Farras R., Flores D., Thompson A.J., Besford R.T. and Tiburcio A.F. 1997.Inducible overexpression of oat arginine decarboxylase in transgenic tobacco plants.The Plant Journal, 11(3): 465-473.
29. Nezami A., Borzui A., Jahani M., Azizi M. and Sharif A. 2007.Electrical leakage as a freezing injury factor in canola.Iranian Journal of Agricultural Science. 5 (1): 167.174. (in Persian with an English summary).
30. Parvanova D., Konstantinova T., Atanassov A., Tsvetkov T. and Djilianov D. 2002. Cold stress tolerance in seeds of tobacco lines, transformed to accumulate various osmo-protectants. Biotechnology and Biotechnological Equipment, 16: 28-32.
31. Peyvast Gh. 2009.Vegetable Crop Production.5th edition.DaneshPazir publication. Tehran. Iran (In Persian).
32. Roy P., Niyogi K., SenGupta D.N. and Ghosh B. 2005.Spermidine treatment to rice seedlings recovers salinity stress induced damage of plasma membrane and PM bound H+-ATPase in salt-tolerant and salt-sensitive rice cultivars. Plant Science, 168: 583-591.
33. Seppanen M.M. 2000. Characterization of freezing tolerance in *Solanumcommersonii* with special reference of the relationship between and oxidative stress.University of Helsinki publication. Finland. 52 p.
34. Shen W., Nada K. and Tachibana Sh. 2000.Involvement of polyamines in the chilling tolerance of cucumber cultivars.Plant Physiology, 124 (1): 431-440.
35. Sopher C.R., Krol, M., Huner, N.P., Moor A.E. and Fletcher R.A. 1999. Chloroplastic changes associated with paclobutrazol–induced stress protection in maize seedling. Canadian Journal of Botany, 77:297-290.
36. Zhang W., Jiang B., Li W., Song