



بررسی اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر صفات رویشی، محتوی پروتئین و عصاره گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی

علیرضا پازکی*

عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر صفات رویشی، محتوی پروتئین و عصاره گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی^(۵) شهرری اجرا گردید که در آن عامل تنش خشکی در ۳ سطح (آبیاری در FC، FC ۶۵٪ و FC ۳۰٪) و محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های اسپرمیدین در دو سطح (۰ و ۰/۸ میلی‌مولار) و پوترسین در دو سطح (۰ و ۰/۸ میلی‌مولار) در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که هیچ‌یک از اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفات مورد آزمون معنی‌دار نگردیدند ولی تمامی اثرات اصلی بر صفات رویشی معنی‌دار بود. بر اساس یافته‌های تحقیق، تنش کم‌آبی باعث کاهش و مصرف پوترسین و اسپرمیدین منجر به افزایش معنی‌دار تمامی صفات رویشی گردید. در شرایط آبیاری مطلوب محتوی پروتئین ریشه ($151/32 \text{ mg/L}$) و اندام هوایی ($293/03 \text{ mg/L}$) به بیشترین مقدار خود رسید ولی درصد عصاره کاهش یافت. بالاترین میزان عصاره در شرایط آبیاری در FC ۳۰٪ (۰/۴۴) و محلول‌پاشی اسپرمیدین (۰/۴۲) مشاهده گردید و پوترسین اثر معنی‌داری نداشت. زمان‌های آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد عصاره نداشت ولی محلول‌پاشی پوترسین و اسپرمیدین میزان این صفت را به ترتیب تا $0/11 \text{ cc/plant}$ و $0/12 \text{ cc/plant}$ افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اسپرمیدین، پروتئین، پوترسین، تنش کم‌آبی، ریحان، عصاره

* نگارنده مسئول: (pazoki@iausr.ac.ir)

مقدمه

در دهه‌های اخیر کاربرد داروهای گیاهی در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به علت طیف گسترده فعالیت‌های بیولوژیک شیمیایی، اثربخشی، ایمنی نسبی و تهیه ارزان قیمت افزایش یافته است (Kunle *et al.*, 2012). بیشتر گیاهان خانواده لابیاسه به طور متداول به خاطر اسانس شناخته می‌شوند. بیشتر فعالیت‌های بیولوژیکی اسانس برای اعضای مختلف این خانواده آنالیز شده است. این خانواده یکی از اصلی‌ترین منابع گیاهی مورد استفاده در آشپزی، سبزیجات و به‌ویژه داروها در همه جهان هستند (Naghbib, 2005). مواد مؤثره پیکره رویشی این گیاه اشتهاآور و

بهداشتی و تولید مواد دافع حشرات به صورت تجاری نقش مهمی دارد (Josephert, 2000). به طور کلی در بین تمام تنش‌های ذکر شده، تنش خشکی به‌ویژه در مراحل انتهایی رشد یکی از مهمترین و شایع‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید (Turhan & Baser, 2004). پلی-آمین‌ها

(دی‌آمین‌ها، تری‌آمین‌ها و تترا آمین‌ها) هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره راست سه تا پانزده کربنه و دو گروه آمینی در انتها هستند که از جمله آن‌ها می‌توان به پوترسین (دی‌آمین)، اسپرمیدین (تری‌آمین) و اسپرمین (تترا آمین) اشاره نمود (راحمی، ۱۳۸۴؛ خسرو شاهی و همکاران،

۱۳۸۶). آمین‌ها در تحریک تقسیم سلولی، جنین‌زایی، ریخت‌زایی، نمو گل، میوه و دانه مؤثرند. مهمترین پلی‌آمین‌ها می‌توان به اسپرمیدین (تری‌آمین) اسپرمین (تترا آمین) و پیش‌ساز آن‌ها پوترسین (دی‌آمین) اشاره نمود. در بافت‌های گیاهی پلی‌آمین‌ها به شکل هم‌یوغ^۱ با مولکول‌های آلی دیگر و یا آزاد یافت می‌شود (Martin-Tanguy, 2001). همچنین پلی‌آمین‌ها به عنوان مواد تنظیم کننده رشد گیاهی در طیف وسیعی از فرآیندهای رشد و نمو از جمله تقسیم سلولی، رویان‌زایی، ریخت‌زایی، گلدهی، رسیدن میوه، تکوین ریشه، تأخیر پیری، پایداری غشاها، جمع‌آوری رادیکال‌های فعال و تحمل تنش‌های مختلف مشارکت دارند (Kaur-Sawhney *et al.*, 2003).

اخیراً نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های غیر زیستی، از جمله شوری و خشکی مورد توجه قرار گرفته است (Groppa & Benavides, 2008). انواع پلی‌آمین‌ها از نظر میزان تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. رقم‌های متحمل به تنش در گیاه برنج، مقدار بالایی اسپرمیدین انباشته می‌کنند، در حالی که ارقام حساس پوترسین را ذخیره می‌نمایند. به بیان دیگر در این گیاه انباشتگی بالای پوترسین و کاهش اسپرمیدین و اسپرمین همراه با حساسیت به خشکی است. مشابه این یافته‌ها در سایر گونه‌ها دیده شده و

1- Conjugate

(Liu et al., 2007). بنابراین با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌ها بر صفات رویشی، محتوی پروتئین و عصاره گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی این تحقیق انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد پلی‌آمین‌ها بر صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و رویشی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری اجرا گردید که در آن عامل تنش خشکی در ۳ سطح (آبیاری در FC، ۶۵٪ FC و FC ۳۰٪)، محلول‌پاشی پلی‌آمین اسپرمیدین در دو سطح (۰ و ۰/۸ میلی‌مولار) و محلول‌پاشی پلی‌آمین پوترسین در دو سطح (۰ و ۰/۸ میلی‌مولار) در نظر گرفته شد. کلیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش اعم از (pH)، (EC)، (OM)، (CEC)، بافت خاک و میزان عناصر غذایی (N,P,K) تعیین شد (جدول ۱). سپس خاک مورد نظر را از الک ۲ میلی متر عبور داده شد و بذور تهیه شده گیاه دارویی ریحان تحت تیمارهای مختلف کشت گردید.

به همین دلیل برخی پژوهشگران نسبت (اسپرمیدین + اسپرمین) / پوترسین را در تعیین پاسخ گیاه به خشکی، مهم دانسته‌اند (Krishnamorthy and Bhagwat, 1989). به نظر می‌رسد اهمیت پلی‌آمین‌ها در مقابله با تنش‌ها می‌تواند به دلیل جایگاه آن‌ها در تنظیم اسمزی، پایداری غشا و جاروکنندگی رادیکال‌های اکسیژنی فعال از محیط سلول‌ها باشد (Singh et al., 2002; Liu et al., 2007). نتایج اکثر پژوهش‌ها نشان می‌دهد، مصرف پلی‌آمین‌های خارجی می‌تواند موجب بازگشت یا کاهش مه‌ار رشد طی تنش گردد که این امر نشان دهنده تأثیر پلی‌آمین‌ها در کاهش آسیب سلولی ناشی از تنش است (Wang et al., 2006).

همزمان با تحقیق پیرامون نقش پلی‌آمین‌های داخلی در ایجاد تحمل به تنش، اثر مصرف خارجی آن‌ها در القای تحمل نیز در گیاهان مختلف بررسی شده است. به دنبال مصرف پلی‌آمین‌ها برای گیاهان در معرض تنش، از پراکسیداسیون‌چربی‌ها و تخریب ماکرومولکول‌ها کاسته می‌شود (Tang & Newton, 2005). هرچند در آزمایش با مصرف خارجی پلی‌آمین‌ها نتایج مختلفی بسته به نوع آن‌ها و گیاه مورد مطالعه حاصل شده است و هنوز دلیل بروز این اثرات متفاوت در القای تحمل به تنش در گیاهان کاملاً شناخته شده نیست

شوری	اسیدپته	آهک	کربن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	رس	لای	ماسه	بافت
کل اشباع			آلی (%)	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(%)	(%)	(ds/m)
۱۴/۱۰	۷/۵۹	۱۲	۲/۱۷	۰/۱۹	۱۲۰	۲۲۰	۱۵	۱۲	۴۰	شنی - لوم

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

پس از گذشت ۷ و ۱۲ روز، مجدداً اسپرمیدین و پوترسین اسپری گردیدند. اعمال تیمارهای تنش خشکی با محاسبه مولفه‌های درصد رطوبت وزنی، درصد رطوبت حجمی، اندازه گیری میزان رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی و تهیه منحنی تغییرات رطوبت برای خاک مورد آزمایش انجام پذیرفت.

مؤلفه های رشد اندازه گیری شده در این پژوهش شامل: طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، تعداد و سطح برگ گیاه بود. اندازه گیری صفات از ۷ نمونه موجود در هر گلدان انجام پذیرفت. و اندازه گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل CI 203 صورت گرفت. برای اندازه‌گیری پروتئین ۰/۵ گرم ماده تر گیاهی توزین گردید و در ۵ میلی‌لیتر بافر تریس-گلیسین ساییده شد تا محلول هموژن به‌دست آید. عمل ساییدن به مدت ۱۰ دقیقه در ظرف یخ انجام شد و پس از ساییده شدن کامل نمونه، عصاره شفاف روی آن درون اپندرف ریخته شد و توسط سانتریفوژ یخچال‌دار

برای انجام آزمایش تعداد ۴۸ گلدان با قطر دهانه ۳۵ سانتی متر و ارتفاع ۴۰ سانتی متر انتخاب گردید. از کف گلدان تا ارتفاع ۴ سانتی متر از شن درشت برای زه‌کشی مناسب استفاده و گلدان‌ها به میزان ۷ کیلوگرم از خاک تهیه و آزمون شده پر شد. وزن گلدان خالی نیز (میانگین وزن ۱۰ گلدان) به صورت تصادفی اندازه‌گیری شد. پس از آماده‌سازی خاک و پر نمودن گلدان‌ها، آن‌ها را بر اساس نقشه طرح آزمایشی در چهار ردیف (۴ تکرار) قرار داده شدند. در هر گلدان پس از جوانه زنی و تنک کردن در نهایت ۷ بوته وجود داشت. میزان آبیاری همه گلدان‌ها از زمان کاشت نشاءها تا اعمال تنش (هفته پنجم) هر روز یکبار و بر اساس ظرفیت زراعی محاسبه شده (۸۵۷ گرم) صورت گرفت. در هفته پنجم از رشد گیاه، اعمال تنش خشکی بر اساس تیمارهای آزمایشی صورت گرفت. همزمان با اعمال تنش خشکی، پلی‌آمین اسپرمیدین و پوترسین براساس نقشه طرح به گلدان‌ها محلول پاشی شدند و مجدداً

حاصل گردید (جدول ۳). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۲). پلی‌آمین‌ها به عنوان مواد تنظیم کننده رشد گیاهی در محدوده وسیعی از فرآیندهای رشد و نمو، نظیر تقسیم سلولی، تکوین ریشه و پایداری غشاها مشارکت دارند (Kaur-Sawhney *et al.*, 2003). نتایج بیشتر تحقیقات نشان می‌دهد، کاربرد خارجی پلی‌آمین می‌تواند در درجات مختلفی موجب بازگشت رشد یا کاهش مهار رشد طی تنش گردد که این امر حاکی از تأثیر این ترکیبات در کاهش آسیب سلولی ناشی از تنش است (Wang *et al.*, 2006).

طول ساقه

بر اساس یافته‌های تحقیق از نظر طول ساقه بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۲). در این شرایط بیشترین میزان طول ساقه با ۳۳/۸۵ سانتی‌متر در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۲۳/۱۷ سانتی‌متر در شرایط تنش خشکی شدید آبیاری در ۳۰٪ FC حاصل گردید (جدول ۳). اثر اصلی محلول‌پاشی پوترسین بر طول ساقه نیز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. (جدول ۲)، به صورتی که کاربرد ۰/۸ آن بیشترین (۳۰/۹۲ سانتی‌متر) و عدم مصرف کمترین (۲۶/۰۷ سانتی‌متر) میزان طول ساقه را نشان داد (جدول ۳). کاربرد اسپرمیدین نیز اثر معنی‌داری در سطح یک

۱۲۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفوژ گردید. محلول رویی بین چند اپندرف توزیع و مشخصات هر کدام، روی اپندرف ثبت شد. در نهایت جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر تعیین گردید (Bradford, 1976). جهت استخراج عصاره متانولی از روش خیساندن پودر گیاهی در متانول ۸۰ درصد استفاده شد. در طی این فرایند سعی شد تا با هم زدن عصاره یکنواختی تهیه گردد. عصاره به دست آمده به روش تقطیر در خلاء تا حد خشک شدن تغلیط گردید (مهدوی میمند و همکاران، ۱۳۸۸). عملکرد عصاره تک بوته از حاصلضرب درصد عصاره در میانگین وزن خشک اندام هوایی محاسبه گردید. برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها از برنامه SAS ورژن ۹/۱ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

طول ریشه

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر طول ریشه بین سطوح تنش کم‌آبی، پوترسین و اسپرمیدین تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۲). در این شرایط بیشترین میزان طول ریشه در شرایط آبیاری مطلوب (۱۴/۷۷ سانتی‌متر)، محلول پاشی ۰/۸ mM پوترسین (۱۳/۵۵ سانتی‌متر) و ۰/۸ mM اسپرمیدین (۱۳/۶۸ سانتی‌متر)

درصد وجود داشت (جدول ۲). بیشترین نسبت طول ساقه به ریشه با ۲/۲۷ در شرایط آبیاری مطلوب و آبیاری در FC ۰.۶۵٪ و کمترین میزان آن با ۲/۰۳ در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در FC ۰.۳۰٪) حاصل گردید (جدول ۳) اثر محلول پاشی اسپرمیدین بر طول ساقه در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM این پلی آمین بیشترین (۲/۲۹) و عدم مصرف آن کمترین (۲/۰۹) نسبت طول ساقه به ریشه را ایجاد نمود (جدول ۳). اثر محلول پاشی پوترسین و اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۲). ریشه و اندام‌های هوایی گیاه کاملاً با هم در ارتباط و به همدیگر وابسته‌اند. ریشه هم لنگرگاه گیاه در خاک و هم برای استخراج آب و مواد غذایی ذخیره شده در خاک بسیار مهم است. نسبت ریشه و اندام‌های هوایی در گیاهان همواره متناسب است زیرا این دو با هم در ارتباطند (Muller *et al.*, 2011). سودائی زاده و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی تنش خشکی روی گیاه دارویی مرزه متوجه شدند که تنش سبب کاهش صفات وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود. این در حالی است که با افزایش تنش خشکی نسبت طول ریشه به اندام هوایی به صورت معنی داری افزایش یافت.

درصد بر طول ساقه داشت (جدول ۲)، به صورتی که کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۳۱/۸۱ سانتی متر) و عدم مصرف کمترین (۲۵/۱۸ سانتی متر) میزان طول ساقه را ایجاد نمود (جدول ۳). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل مورد آزمون بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۲). چنین به نظر می‌رسد که ارتفاع بوته به خودی خود اثر خاصی بر روابط آب در گیاه ندارد و تعیین ارتفاع مناسب برای شرایط تنش کم آبی با در نظر گرفتن سایر شرایط زراعی تعیین می‌گردد.

Misra & Srivastava (2000) اثرات آبیاری کافی را در افزایش رشد گیاه نعنای گزارش کردند. Letchamo *et al* (1994) در آزمایش گلخانه‌ای، اثرات سه سطح آب خاک را بر روی گیاه آویشن مورد بررسی قرار داد و اظهار داشتند که بالاترین میزان تجمع ماده خشک در ۹۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل گردید. با افزایش تنش خشکی، وزن اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته در گیاهان اسفرزه، بومادران، مریم گلی، همیشه بهار، بابونه کاهش می‌یابد (لباسچی و شریفی عاشورآبادی، ۱۳۸۳). در بررسی حسن زاده و همکاران (۱۳۸۵) مشخص گردید که تنش خشکی ارتفاع و قطر ساقه را کاهش داد.

نسبت طول ساقه به ریشه

از نظر نسبت طول ساقه به ریشه بین سطوح تنش کم آبی تفاوت معنی داری در سطح ۵

تعداد شاخه های جانبی

مطابق نتایج جدول ۲ مشاهده گردید که از نظر تعداد شاخه‌های جانبی بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی با ۴/۹۰ عدد در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۴/۰۴ عدد در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در FC ۳۰٪) حاصل گردید (جدول ۳). محلول‌پاشی پوترسین نیز به صورت معنی‌داری در سطح ۵ درصد تعداد شاخه‌های جانبی را تغییر داد (جدول ۲)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۴/۶۵ عدد) و عدم مصرف کمترین (۴/۲۰ عدد) تعداد شاخه‌های جانبی را ایجاد نمود (جدول ۳). اثر اصلی محلول‌پاشی اسپرمیدین بر تعداد شاخه‌های جانبی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM این پلی‌آمین بیشترین (۴/۷۸ عدد) و عدم مصرف آن کمترین (۴/۰۷ عدد) تعداد شاخه‌های جانبی را ایجاد نمود (جدول ۳). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی‌دار نگردید (جدول ۲). ترکیباتی نظیر پلی‌آمین‌ها که دارای ویژگی آنتی‌اکسیدانی هستند، با افزایش قابلیت آنتی‌اکسیدانی گیاه توانایی کم‌کردن خسارات تنش خشکی را دارا می‌باشند. به نظر می‌رسد، مقداری از خسارات تنش خشکی در غشای

سلول سدی برای تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن است (Baghizadeh *et al*, 2009).

وزن خشک ساقه بدون برگ

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر وزن خشک ساقه بدون برگ بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۲). بیشترین وزن خشک ساقه بدون برگ با ۰/۸۵ گرم در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۰/۶۵ گرم در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در FC ۳۰٪) حاصل گردید (جدول ۳). اثر کاربرد پوترسین بر وزن خشک ساقه بدون برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲)، به شکلی که کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۰/۷۸ گرم) و عدم مصرف کمترین (۰/۷۰ گرم) وزن خشک ساقه بدون برگ را نشان داد (جدول ۳). اثر اصلی محلول‌پاشی اسپرمیدین بر وزن خشک ساقه بدون برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM این پلی‌آمین بیشترین (۰/۷۹ گرم) و عدم مصرف آن کمترین (۰/۶۹ گرم) وزن خشک ساقه بدون برگ را ایجاد نمود (جدول ۲). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

پلی‌آمین‌ها پلی‌کاتیون‌های مهمی هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیک و نمو گیاهان نقش دارند.

این ترکیبات در القای تقسیم سلولی، جنین‌زائی، ریخت‌زائی، نمو گل، میوه و دانه و پیری ایفای نقش می‌کنند. مهمترین پلی‌آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری آمین) اسپرمین (تترا آمین) و پیش ساز آنها پوترسین (دی آمین) است. در بافت گیاهان پلی‌آمین‌ها به شکل هم یوغ (Conjugate) با مولکول‌های آلی دیگر و یا آزاد یافت می‌شود (Martin-Tanguy, 2001). تنش خشکی باعث تغییرات آناتومیکی و مورفولوژیکی در گیاهان شده و در نتیجه نسبت‌های رشد را تغییر و بهره‌وری را کاهش می‌دهد. برای تحمل به تنش، استراتژی‌های مختلفی در گیاهان کاربرد دارد که یکی از متداولترین آنها هورمون‌هاست (Siripornadulsid *et al* , 2002). توانایی زنده

مانی گیاه و ادامه رشد، نمو و فتوسنتز در تنش‌های محیطی به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته است که به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مولکولی خود را نشان می‌دهد. برخی مواد تنظیم کننده رشد خارج از گیاه می‌توانند گیاه را از طریق فتوسنتز بیشتر در مرحله دانه‌رستی برای تحمل تنش توانا تر سازند. تنش آب می‌تواند به طور مستقیم از طریق تأثیر در فرایندهای مختلف بیوشیمیایی در فتوسنتز و به طور غیر مستقیم از طریق کاهش جذب CO₂ ناشی از بستن روزنه‌ها، بر فتوسنتز اثر بگذرد (Rezaei *et al.*, 2013).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی، پوتریسین و اسپرمیدین بر صفات اندازه گیری شده در ریحان

میانگین مربعات (MS)								منابع تغییرات S.O.V
تعداد برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه بدون برگ	تعداد شاخه های جانبی	نسبت طول ساقه به ریشه	طول ساقه	طول ریشه	درجه آزادی df	
۴۵۶/۴۰ **	۰/۳۶ **	۰/۱۶ **	۳/۰۶ **	۰/۲۹ *	۴/۰۶ **	۱/۰۱ **	۲	تنش کم آبی (WS)
۲۸۳/۸۲ **	۰/۲۰ **	۰/۰۹ **	۲/۴۴ *	۰/۱۵ ns	۲/۴۵ *	۰/۵۳ **	۱	پلی آمین پوتریسین (Put)
۴۵۸/۹۰ **	۰/۳۰ **	۰/۱۲ **	۵/۹۹ **	۰/۵۲ *	۴/۶۸ **	۰/۷۶ **	۱	پلی آمین اسپرمیدین (Spd)
۸/۱۸ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۰۹ ns	۲	کم آبی × پوتریسین (WS×Put)
۶/۳۲ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۱ ns	۰/۱۴ ns	۰/۰۱ ns	۲	کم آبی × اسپرمیدین (WS×Spd)
۴۳/۸۵ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۸ ns	۰/۲۷ ns	۰/۰۱ ns	۱	پوتریسین × اسپرمیدین (Put×Spd)
۶/۸۱ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۰/۰۰۰۰۸ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۴ ns	۲	کم آبی × پوتریسین × اسپرمیدین (WS×Put×Spd)
۱۲/۶۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۳۴	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۶	۳۶	خطا (Error)
۱۱/۴۸	۶/۲۱	۵/۲۶	۱۳/۲۲	۱۳/۲۹	۱۱/۶۴	۷/۱۵		ضریب تغییرات (درصد)

**، * و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰.۱٪، ۰.۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۳-مقایسه مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش کم آبی، پوتریسین و اسپرمیدین بر صفات اندازه گیری شده در ریحان

عوامل	طول ریشه (cm)	طول ساقه (cm)	نسبت طول ساقه به ریشه	تعداد شاخه های جانبی	وزن خشک ساقه بدون برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	تعداد برگ
تنش کم آبی (WS)	شاهد (WS1) FC	۱۴/۷۷ a	۳۳/۸۵ a	۲/۲۷ a	۴/۹۰ a	۰/۸۵ a	۳۶/۱۷ a
	(WS2) 65%FC	۱۲/۳۲ b	۲۸/۴۵ b	۲/۲۷ a	۴/۳۳ b	۰/۷۳ b	۳۱/۰۹ b
	(WS3) 30%FC	۱۱/۲۴ b	۲۳/۱۷ c	۲/۰۳ b	۴/۰۴ b	۰/۶۵ c	۲۵/۴۹ c
پلی آمین پوتریسین (Put)	صفر (Put1)	۱۲/۰۱ b	۲۶/۰۷ b	۲/۱۳ a	۴/۲۰ b	۰/۷۰ b	۲۸/۴۹ b
	0.8 Mm (Put2)	۱۳/۵۵ a	۳۰/۹۲ a	۲/۲۵ a	۴/۶۵ a	۰/۷۸ a	۳۳/۳۵ a
پلی آمین اسپرمیدین (Spd)	صفر (Spd1)	۱۱/۸۸ b	۲۵/۱۸ b	۲/۰۹ b	۴/۰۷ b	۰/۶۹ b	۲۷/۷۴ b
	0.8 Mm (Spd2)	۱۳/۶۸ a	۳۱/۸۱ a	۲/۲۹ a	۴/۷۸ a	۰/۷۹ a	۳۴/۱۰ a

حروف مشترک در هر ستون برای هر یک از اثرات اصلی از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی دار ندارند.

وزن خشک برگ بوته

وزن خشک برگ را نشان داد (جدول ۵). اثر اصلی محلول پاشی اسپرمیدین بر وزن خشک برگ نیز در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، به شکلی که کاربرد ۰/۸ mM این پلی آمین بیشترین (۰/۹۰ گرم) و عدم مصرف آن کمترین (۰/۷۴ گرم) وزن خشک برگ را ایجاد نمود (جدول ۵) اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴). اخیراً نقش پلی آمین ها در افزایش تحمل گیاهان به تنش های غیرزیستی، از جمله شوری و خشکی مورد توجه

نتایج تحقیق نشان داد که وزن خشک برگ تحت تاثیر سطوح تنش کم آبی در سطح یک درصد تفاوت معنی داری داشت (جدول ۴)، به صورتی که وزن خشک برگ بوته با ۰/۹۸ گرم در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۰/۶۸ گرم در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در FC ۳۰٪) حاصل گردید (جدول ۵). اثر محلول پاشی پوتریسین بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴) در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۰/۸۹ گرم) و عدم مصرف کمترین (۰/۷۶ گرم)

دلیل کاهش مواد فتوسنتزی وزن خشک بوته کاهش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش کربوهیدرات‌ها در برگ‌های گیاه این است که تحت تنش خشکی و در نتیجه تاثیرات این تنش در غشای تیلاکوئیدها، مقدار رنگیزه های فتوسنتزی و مقدار فتوسنتز کاهش می‌یابد (Baghizadeh *et al*, 2009).

Kackar *et al* (2007) گزارش کردند که

نسبت بین پلی‌آمین‌های آزاد برای فرآیندهای رشد و توسعه بسیار ضروری می‌باشد و در همین راستا نشان داده شده است که غلظت‌های خیلی بالا و خیلی پایین پوترسین و اسپرمیدین در محیط کشت ممکن است سبب جلوگیری از رشد، توسعه و باززایی بافت‌ها می‌شود (Minocha *et al.*, 2004; Li and Burritt, 2003; Pandit & Ghosh, 1990).

سطح برگ

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر سطح برگ بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین سطح برگ با ۸۳/۹۰ سانتی‌متر در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۵۹/۰۵ سانتی‌متر در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در ۳۰٪ FC) حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول‌پاشی پوترسین بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۷۷/۴۶ سانتی‌متر) و عدم مصرف کمترین

قرار گرفته است (Groppa & Benavides, 2008). در حقیقت در بسیاری از موارد، تنش به انباشتگی پلی‌آمین‌های آزاد و به میوگ منجر می‌گردد که نشان می‌دهد، بیوسنتز پلی‌آمین‌ها یکی از مهمترین پاسخ‌ها بیوشیمیایی گیاهان به تنش است (Martin-Tanguy *et al.*, 2007).

تعداد برگ

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر تعداد برگ بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین تعداد برگ با ۳۶/۱۷ عدد در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۲۵/۹۴ عدد در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در ۳۰٪ FC) حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول‌پاشی پوترسین و اسپرمیدین بر تعداد برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که کاربرد ۰/۸ mM پوترسین و اسپرمیدین با به ترتیب با ۳۳/۳۵ و ۳۴/۱۰ عدد بیشترین تعداد برگ را تولید نمود (جدول ۵). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی‌دار نگردید (جدول ۴). لباسچی و شریفی عاشورآبادی (۱۳۸۳) در تحقیقات خود بر روی پنج گونه گیاه دارویی به این نتیجه دست یافتند که تنش خشکی سبب کاهش ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محدود می‌شود. تحقیقات نشان داده است که در شرایط تنش به

جاروکننده های اسموتیک در گیاهان سبب مقاومت بر ضد اتلاف آب برگ و کاهش سرعت رشد گیاهان در شرایط تنش می شود (Tasgin *et al* , 2006). در شرایط تنش، گیاه با کاهش سطح برگ، از سطح اندام تعرق کننده می کاهد و به همین دلیل سطح برگ در این شرایط کاهش می یابد (علی آبادی فراهانی و ولد آبادی، ۱۳۸۹).

نسبت وزن خشک برگ به ساقه

از نظر تنش خشکی بین سطوح تنش کم آبی تفاوت معنی داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین نسبت وزن خشک برگ به ساقه با ۱/۱۵ در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین مقدار با ۱/۰۵ به آبیاری در شرایط آبیاری FC ۳۰٪ حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول پاشی پوترسین بر نسبت خشک برگ به ساقه معنی دار نگردید ولی اثر محلول پاشی اسپرمیدین بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM این پلی آمین به ترتیب با ۱/۱۳ بیشترین و عدم مصرف با ۱/۰۷ کمترین نسبت وزن و خشک برگ به ساقه را ایجاد نمود (جدول ۵). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۵). تحقیقات نشان می دهد که پوترسین توانایی تأمین منبع نیتروژنی در

(۶۶/۳۶ سانتی متر) سطح برگ را نشان داد (جدول ۵). اثر اصلی محلول پاشی اسپرمیدین بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM این پلی آمین بیشترین (۷۹/۲۳ سانتی متر) و عدم مصرف آن کمترین (۶۴/۵۸ سانتی متر) سطح برگ را ایجاد نمود (جدول ۵). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴). جاروکننده های اسموتیک در گیاهان سبب مقاومت بر ضد اتلاف آب برگ و کاهش سرعت رشد گیاهان در شرایط تنش می شود (Tasgin *et al* , 2006). گفته می شود که انباشته شدن اسمولیت ها (پرولین و قند) رابطه مستقیم و مثبت با مقاومت زیاد در شرایط تنش غیر محیطی هستند (Ramanjulm *et al* , 1998). انواع پلی آمین ها از نظر تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. رقم های متحمل شوری در گیاه برنج، مقدار بالایی اسپرمیدین انباشته می کنند، در حالی که ارقام حساس پوترسین را انباشته می نمایند. به بیان دیگر در این گیاه انباشتگی بالای پوترسین و کاهش اسپرمیدین و اسپرمین همراه با حساسیت به شوری است. مشابه این نتایج در سایر گونه به ویژه در رابطه با برگ دیده شده و به همین دلیل برخی پژوهشگران نسبت (اسپرمیدین + اسپرمین / پوترسین) را در تعیین پاسخ گیاه به شوری، مهم قلمداد (Krishnamorthy & Bhagwat, 1989).

ریشه را ایجاد نمود (جدول ۵) اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴). پلی‌آمین‌ها یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد هستند که در طیف وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی مانند مقاومت در برابر تنش‌ها، تقسیم سلولی، طولیل شدن سلولی، اندام زایی، تشکیل ریشه، گلدهی، رسیدن میوه و فرایند های پس از برداشت موثر واقع می‌شوند (راحی، ۱۳۸۴؛ خسرو شاهی و همکاران، ۱۳۸۶). تحقیقات نشان می‌دهد که نقش پلی‌آمین‌ها در کنترل تقسیم سلولی و تمایز در مریستم انتهایی ریشه، تشکیل ریشه اولیه، ریشه‌های جانبی و نابجا گزارش شده است (Couee et al., 2004).

وزن خشک اندام هوایی

بر اساس یافته‌های حقیق از نظر وزن خشک اندام هوایی بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ۲/۹۹ گرم در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۲/۲۱ گرم در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در ۳۰٪ FC) حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول‌پاشی پوترسین بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، یافته‌های تحقیق نشان داد که کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۲/۷۹ گرم) و عدم مصرف کمترین (۲/۴۲ گرم)

رشد جداگشت های آفتابگردان را داراست (Couee et al., 2004). نقش اسپرمیدین و اسپرمین در حفاظت از غشاها و ممانعت از نشت الکترولیت ها و اسید های آمینه در طی تنش شوری در گیاه جو دیده شده است (Liu et al., 2007). گفته می‌شود که انباشته شدن اسمولیت ها (پرولین و قند) رابطه مستقیم و مثبت با مقاومت زیاد در شرایط تنش غیر محیطی هستند (Ramanjulum et al., 1998).

وزن خشک ریشه

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر وزن خشک ریشه بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴). بیشترین وزن خشک ریشه با ۱/۸۳ گرم در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با ۱/۳۲ گرم در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در ۳۰٪ FC) حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول‌پاشی پوترسین بر وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که کاربرد ۰/۸ mM آن بیشترین (۱/۶۷ گرم) و عدم مصرف کمترین (۱/۴۶ گرم) وزن خشک ریشه را نشان داد (جدول ۵). اثر اصلی محلول‌پاشی اسپرمیدین بر وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، در این شرایط کاربرد ۰/۸ mM این پلی‌آمین بیشترین (۱/۷۰ گرم) و عدم مصرف آن کمترین (۱/۴۳ گرم) وزن خشک

بیشترین پروتئین ریشه با $151/32 \text{ mg/L}$ در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با $88/47 \text{ mg/L}$ در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در 30% FC) حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول پاشی پوترسین بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که کاربرد $0/8 \text{ mM}$ آن بیشترین ($124/63 \text{ mg/L}$) و عدم مصرف کمترین ($105/40$) مقدار را نشان داد (جدول ۵). اثر اصلی محلول پاشی اسپرمیدین بر پروتئین ریشه در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، در این شرایط کاربرد $0/8 \text{ mM}$ این پلی آمین بیشترین ($128/56 \text{ mg/L}$) و عدم مصرف آن کمترین ($101/47 \text{ mg/L}$) پروتئین ریشه را ایجاد نمود (جدول ۵). اثرات متقابل عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴). افزایش پراکسیداسیون لیپیدها و پروتئین ها ناشی از افزایش قابل توجه تنش اکسیداتیو است (Meirs et al, 1992). گونه های فعال اکسیژن تولید شده تحت شرایط ناسازگار محیطی مانند تنش خشکی انباشته می شود. در این زمان افزایش H_2O_2 سبب افزایش اکسیداسیون پروتئین در بعضی گونه های گیاهی می شود. خشکی سبب کاهش فعالیت روبیسکو و همچنین ناسازگاری در گیاه شود (Inze & Montagu, 2000).

میزان این صفت را نشان داد (جدول ۵). اثر اصلی محلول پاشی اسپرمیدین بر وزن خشک اندام هوایی در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، در این شرایط کاربرد $0/8 \text{ mM}$ این پلی آمین بیشترین ($2/86$ گرم) و عدم مصرف آن کمترین ($2/35$ گرم) صفت مورد بحث را تولید نمود (جدول ۵). اثرات متقابل دو و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴).

نتایج بیشتر تحقیقات نشان می دهد، مصرف خارجی پلی آمین ها می تواند در درجات مختلفی باعث بازگشت یا کاهش مهار رشد طی تنش گردد که این امر نشان دهنده تأثیر پلی آمین ها در کاهش آسیب سلولی ناشی از تنش است (Wang et al., 2006). در کنار مطالعه نقش پلی آمین های داخلی در ایجاد تحمل به تنش، اثر کاربرد خارجی این ترکیبات در القای مقاومت نیز در گیاهان مختلف بررسی شده است بر اساس نتایج حاصله کاربرد پلی آمین ها در گیاهان تحت تنش شوری، از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول ها ممانعت می نماید (Tang and Newton, 2005).

پروتئین کل ریشه

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر محتوی پروتئین ریشه بین سطوح تنش کم آبی تفاوت معنی داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴).

پروتئین کل اندام هوایی

بر اساس یافته‌های تحقیق، تنش کم آبی بر محتوی پروتئین اندام هوایی اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشت (جدول ۴). بیشترین پروتئین اندام هوایی با $293/03 \text{ mg/L}$ در شرایط آبیاری مطلوب و کمترین میزان آن با $166/82 \text{ mg/L}$ در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در 30% FC) حاصل گردید (جدول ۵). بنابراین باید اظهار داشت که بر خلاف بسیاری از گیاهان، بهبود شرایط رطوبتی موجب افزایش درصد پروتئین در ریحان گردید. اثر اصلی محلول‌پاشی پوترسین و اسپرمیدین بر پروتئین کل اندام هوایی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که کاربرد $0/8 \text{ mM}$ پوترسین و اسپرمیدین با به ترتیب با $256/37 \text{ mg/L}$ و $267/33 \text{ mg/L}$ بیشترین مقدار این صفت را تولید نمود (جدول ۵). اثرات متقابل عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی‌دار نگردید (جدول ۴).

در شرایط بروز تنش کم آبی، فعالیت رادیکال‌های اکسیژن باعث کاهش مقدار پروتئین در گیاه و افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و پراکسیداز می‌گردد (طالع احمدی و حدادی، ۱۳۸۲). در تنش خشکی رادیکال‌های آزاد اکسیژن تولید می‌شود. رادیکال‌های اکسیژن فعالیت آنزیم‌های پروتئین‌ساز و آمینواسیدها را غیر فعال می‌نماید

که یکی از دلایل کاهش مقدار پروتئین در گیاه است (Miguel *et al* , 2006) و (Sairam *et al* , 1997). با افزایش تنش از میزان پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه کاسته می‌شود، زیرا رادیکال‌های آزاد تولید شده بر اثر عامل تنش باعث از بین رفتن پروتئین می‌شود که این امر با یافته‌های Baghizadeh *et al* (2009) در گیاه بامیه مطابقت دارد. (El-Teyeb (2005) گزارش داد که در شرایط تنش، مقدار پروتئین محلول و اسید آمینه آزاد در اندام‌های هوایی و ریشه کاهش می‌یابد. همچنین کاهش مقدار پروتئین موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌گردد.

درصد عصاره

نتایج تحقیق نشان داد که از نظر درصد عصاره بین سطوح تنش کم آبی تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول ۴). بر اساس یافته‌های تحقیق با بروز تنش کم آبی درصد عصاره بیشتر شد به صورتی که کمترین میزان صفت با $0/35$ در شرایط آبیاری مطلوب و بیشترین میزان آن با $0/44$ درصد در شرایط تنش خشکی شدید (آبیاری در 30% FC) حاصل گردید (جدول ۵). اثر اصلی محلول‌پاشی اسپرمیدین بر درصد عصاره در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که مصرف $0/8 \text{ mM}$ پلی‌آمین مذکور بیشترین ($0/42$ درصد) و عدم مصرف آن

ریشه و وزن هزار دانه در این گیاه گردید ولی درصد اسانس به شدت افزایش یافت.

عملکرد عصاره گیاه

بر اساس مشاهدات حاصل، اثر اصلی محلول پاشی پوترسین بر عملکرد عصاره گیاه در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، به صورتی که با کاربرد این پلی آمین عملکرد عصاره به بیشترین مقدار خود (۰/۱۱ گرم) رسید. در شرایط عدم مصرف عملکرد عصاره تا ۰/۰۰۹ گرم به ازای هر گیاه کاهش نشان داد (جدول ۵). اثر اصلی محلول-پاشی اسپرمیدین بر عملکرد عصاره در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۴)، به شکلی که کاربرد ۰/۸ mM این پلی آمین بیشترین (۰/۱۲ گرم) و عدم مصرف آن کمترین (۰/۰۰۹ گرم) عملکرد عصاره را تولید نمود (جدول ۵). اثر اصلی تنش کم آبی و اثرات متقابل دو گانه و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴).

اردکانی و همکاران (۱۳۸۶) اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت گیاه بادرنجبویه بررسی و اظهار داشتند، برای تولید اسانس از این گیاه می توان از تنش متوسط (۶۰ درصد ظرفیت زراعی) استفاده کرد. علاوه بر کاربرد

پلی آمین های خارجی که واکنش به تنش را در گیاهان تحت تأثیر قرار می دهد، کاهش پلی آمین های داخلی نیز می تواند در تعیین

کمترین (۰/۳۹ درصد) محتوی عصاره را ایجاد نمود (جدول ۵). اثر اصلی پوترسین و اثرات متقابل دو گانه و سه گانه عوامل آزمایشی بر صفت مورد نظر معنی دار نگردید (جدول ۴). گیاهان معطر غنی از اسانس و عصاره در مناطق خشک نسبت به مناطق مرطوب خیلی فراوان تر هستند. مقدار اسانس در گیاهانی مانند افسنتین، بابونه، اسطوخودوس و اکالیپتوس در شرایط خشکی افزایش می یابد، احتمال می رود که اسانس ها در فرایند مقاومت به خشکی از طریق کاهش تعرق مؤثر باشند. ترکیب و کیفیت اسانس نیز بر اثر خشکی تغییر می کند. محتوی موسیلاژ نیز در شرایط خشک به مقدار قابل توجهی افزایش می یابد. به نظر می رسد که قابلیت بالای نگهداری آب این مواد نقش عمده ای در سازگاری گیاه با شرایط خشک دارد (صالحی ارجمند، ۱۳۸۴). صفی خانی و همکاران (۱۳۸۶) با اعمال تیمارهای تنش کم آبی (۴۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بر روی گیاه دارویی بادرشبو به این نتیجه رسیدند که با افزایش شدت تنش بر درصد اسانس افزوده می شود به گونه ای که بالاترین درصد اسانس در ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید.

Gabler (2002) با تحقیقات خود بر روی گیاه دارویی گشنیز نشان داد که تنش خشکی به شدت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد

افزایش تعداد آبیاری از نوبت به سه مرتبه پس از برداشت، به ترتیب موجب افزایش ۳۱، ۹۰ و ۱۱۹ درصدی زیست توده تولیدی نسبت به شاهد شد، ولی نتایج حاصل برای عملکرد اسانس متفاوت از عملکرد زیست توده بود، به شکلی که بیش‌ترین مقدار آن در شرایط یک‌بار آبیاری پس از برداشت حاصل گردید (Saudan, 2000).

نقش پلی‌آمین‌ها مؤثر باشد. یکی از روش‌های کاهش پلی‌آمین‌های داخلی، کاربرد بازدارنده‌های بیوسنتزی پلی‌آمین‌هاست. کاهش پلی‌آمین‌های داخلی به افزایش حساسیت به تنش و آسیب شدیدتری به رشد گیاه منجر می‌گردد (Basra *et al.*, 1997; Liu *et al.*, 2007). در هند با اعمال آبیاری در چین دوم بر روی گیاه دارویی *Palmarosa* مشخص گردید که

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی، پوترسین و اسپرمیدین بر صفات اندازه گیری شده در ریحان

میانگین مربعات (MS)								درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
عملکرد عصاره	درصد عصاره	پروتیین کل اندام هوایی	پروتیین کل ریشه	وزن هوا خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک برگ به ساقه	سطح برگ		
۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۳**	۶۸/۰۵**	۱۶۹۴۱**	۲/۴۴**	۰/۱۳**	۰/۰۴**	۲۴۷۹/۵۹**	۲	تنش کم آبی (WS)
۰/۰۰۱۰**	۰/۰۰۶ ns	۳۱/۲۷**	۴۴۳۷**	۱/۶۱**	۰/۱۰**	۰/۰۱ ns	۱۴۷۸/۷۴**	۱	پلی آمین پوترسین (Put)
۰/۰۰۲۱**	۰/۰۱*	۶۳/۶۷**	۸۸۰۶**	۳/۰۹**	۰/۲۰**	۰/۰۴**	۲۵۷۵/۱۷**	۱	پلی آمین اسپرمیدین (Spd)
۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۸ ns	۱/۳۴ ns	۴۴۸/۲۷ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۲۷/۵۸ ns	۲	کم آبی × پوترسین (WS×Put)
۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۰۴ ns	۱/۵۰ ns	۷۶۵/۲۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۴ ns	۱۸/۳۸ ns	۲	کم آبی × اسپرمیدین (WS×Spd)
۰/۰۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۱/۰۶ ns	۶۸/۰۴ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۰۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۳۰۸/۰۵ ns	۱	پوترسین × اسپرمیدین (Put×Spd)
۰/۰۰۰۰۰۵ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۹۱ ns	۱۹/۹۸ ns	۰/۰۰۷ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۵ ns	۳۲/۰۲ ns	۲	کم آبی × پوترسین × اسپرمیدین (WS×Put×Spd)
۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۲	۳/۵۴	۱۷۶/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۵۶/۶۸	۳۶	خطا (Error)
۷/۱۰	۱۱/۷۹	۱۲/۵۸	۱۱/۵۳	۶/۷۰	۱۱/۲۳	۶/۲۸	۱۰/۴۷	—	ضریب تغییرات (درصد)

**،* و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۰.۱، ۰.۵٪ و غیر معنی دار

جدول ۵-مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش کم آبی، پوترسین و اسپرمیدین بر صفات اندازه گیری شده در ریحان

عوامل	سطح برگ (cm)	نسبت وزن خشک برگ به ساقه	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک اندام هوا	پروتیین کل ریشه (mg/L)	پروتیین کل اندام هوایی (mg/L)	درصد عصاره	عملکرد عصاره (g/plant)
تنش کم آبی (WS)	شاهد FC (WS1)	۱/۱۵ a	۰/۹۱ a	۲/۹۹ a	۱۵۱/۳۲ a	۲۹۳/۰۳ a	۰/۵۷ c	۰/۰۱۷ a
	65%FC (WS2)	۱/۱۰ b	۰/۷۹ b	۲/۶۱ b	۱۰۵/۲۵ b	۲۳۴/۵۲ b	۰/۶۳ b	۰/۰۱۶ a
	30%FC (WS3)	۱/۰۵ c	۰/۷۳ c	۲/۲۱ c	۸۸/۴۷ c	۱۶۶/۸۲ c	۰/۶۸ a	۰/۰۱۵ b
پلی آمین پوترسین (Put)	صفر (Put1)	۱/۰۸ a	۰/۷۶ b	۲/۴۲ b	۱۰۵/۴۰ b	۲۰۶/۵۴ b	۰/۵۹ b	۰/۰۱۴ b
	0.8 Mm (Put2)	۱/۱۲ a	۰/۸۶ a	۲/۷۹ a	۱۲۴/۶۳ a	۲۵۶/۳۷ a	۰/۶۶ a	۰/۰۱۸ a
پلی آمین اسپرمیدین (Spd)	صفر (Spd1)	۱/۰۷ b	۰/۷۴ b	۲/۳۵ b	۱۰۱/۴۷ b	۱۹۵/۵۸ b	۰/۵۹ b	۰/۰۱۳ b
	0.8 Mm (Spd2)	۱/۱۳ a	۰/۸۸ a	۲/۸۶ a	۱۲۸/۵۶ a	۲۶۷/۳۳ a	۰/۶۶ a	۰/۰۱۹ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر یک از اثرات اصلی از لحاظ آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۵٪

تفاوت معنی‌دار ندارند.

منابع

فیزیولوژیکی مرزه (*Satureja hortensis*).

مجله فرایند و کارکرد گیاهی. ۵ (۱۵): ۱۲-۱.

علی آبادی فراهانی، و س. ع. ولدآبادی .

۱۳۸۹ . نقش قارچ میکوریزا آربسکوز بر گیاه

دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)

در شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های

خاک (علوم خاک و آب). ۳۴ (۱): ۶۹-۸۰.

صالحی ارجمند. ح. ۱۳۸۴ . تأثیر تنش‌های

محیطی در افزایش متابولیت‌های ثانویه در

گیاهان. مجموعه مقالات همایش ملی توسعه

پایدار گیاهان دارویی. انتشارات مؤسسه

تحقیقات جنگل‌ها و مراتع . ص ۳۰۵.

صفی خانی، .، ب . عباس زاده، ا . رهگذر و

م . رضایی سرخوش . ۱۳۸۶ . تأثیر تنش

خشکی بر تعدادی از ویژگی‌های مورفولوژی بادر

شبو در شرایط گلخانه . سومین همایش گیاهان

دارویی ایران ۲ تا ۳ آبان ماه، دانشگاه شاهد.

تهران، ص ۲۵ - ۲۸.

لباسچی، م. ح. و ا. ش. شریفی عاشور

آبادی. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه-

های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش

خشکی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان

دارویی و معطر ایران. ۲۰ (۳): ۲۶۱-۲۴۹.

اردکانی، م.، ب . عباس زاده، ا . شریفی

عاشور آبادی، لباسچی و. م. راک نژاد .

۱۳۸۶ بررسی اثر کمبود آب بر کمیت و کیفیت

گیاه بادرنجبویه. فصلنامه پژوهشی تحقیقات

گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۳ (۲): ۲۶۱-

۲۵۱.

حسن زاده، م.، ح . ر . نادری درباغشاهی، و

ا. ح. شیرانی‌راد. ۱۳۸۵. ارزیابی اثر تنش

خشکی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد کلزای

پاییزه در منطقه اصفهان. خلاصه مقالات نهمین

کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

دانشگاه تهران. پردیس ابوریحان. ۵۰۸ ص.

خسروشاهی، م. ۱۳۸۶. اثر پوترسین بر عملکرد

پس از برداشت میوه‌های توت فرنگی زرد آلو،

هلو و گیلان. مجله علوم و فنون کشاورزی. جلد

ششم، شماره ۴۵ (الف)/ پاییز ۳۸۷.

راحی، م. ۱۳۸۴. فیزیولوژی پس از برداشت.

انتشارات دانشگاه شیراز. چاپ چهارم. ص ۲۳-

۵۶.

سودائی زاده، ح.، م. شمسایی، م.

تجمیلیان، س. ع. م. میرمحمدی میبیدی، و

م. حکیم زاده. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تنش

خشکی بر برخی صفات مورفولوژیکی و

- Gabler, J.** 2002. Drought stress and nitrogen effects on *Coriandrum sativum* L. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 44: 12- 28.
- Groppa, M. D. and M. P. Benavides.** 2008. Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids 34: 35-45.
- Inze, D. and M. V. Montagu.** 2000. Oxidative stress in plants, T J International Ltd, padstow, Cornwall, Great Britain, 321 pages.
- Josephert, S.T.** 2000. Basil varieties table. Aka Baccio. Common basil. Ernestina parziale. CH.
- Kaur-Sawhney, R., A. F. Tiburcio, and A.W. Galston.** 2003. Polyamines in plants: An overview. Journal of Cell and Molecular Biology. 2: 1-12.
- Kackar, A. and N.S. Shekhawat.** 2007. Plant regeneration through somatic embryogenesis and polyamine levels in cultures of grasses of Thar Desert. J. Cell. Mol Biol. 6:2: 121-12.
- Krishnamorthy, R. and K. A. Bhagwat.** 1989. Polyamines as modulators of salt tolerance in rice cultivars. Plant Physiology. 91: 500-504.
- Kunle, O.F., H.O. Egharevba, and P.O. Ahmadu.** 2012. Standardization of herbal medicines- A review. Int J Biodivers Conserv. 4(3): 101-12.
- مهدوی میمند، ز.، مصحفی، م. ح. و ح. فروتن فر.** ۱۳۸۸. بررسی اثرات ضد میکروبی عصاره متانولی ۱۲ گونه گیاه بر روی ۶ گونه میکروبی به روش سیلندر - پلیت. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان. ۸ (۳): ۲۲۷-۲۳۸.
- Baghizadeh , A. and H. Mahmood.** 2011. Effect of drought stress and its interaction with ascorbate and salicylic acid on Okra (*Hibiscus esculentus* L.) germination and seedling growth . Journal of Physiology & Biochemistry. 7(1): 55-56.
- Basra, R. K., A. S. Basra, C. P. Malik, and I. S. Grover.** 1997. Are polyamines involved in the heat- shock protection of mung bean seedlings. Botanical Bullentin Academia Sinica. 38:165-169.
- Bradford, M.M.** 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Annal. Biochem. 72: 248-254.
- Couee, I., I. Hummel, C. Sulmon, G. Gouesbet, and EL- Amrani, A.** 2004. Involvement of polyamines in root development. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 76:1-10.
- El-Tayeb, M. A.** 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Reg 45:215-224.

- Pandit, M. and B. N. Ghosh.** 1990. Control of ornithine decarboxylase activity in jute seeds by antizyme. J. Bio Sci. 1990 Jun. 15:83-91.
- Ramanjulum S., N. Sreenivasulu, and C. Sudhakar.** 1998. Effect of water stress on photosynthesis in two mulberry genotypes with different tolerance Photosynthetic 35(2): 279-283.
- Rezaei, H., M. Ghorbanli, M. Pivandi, A.R. Pazoki.** 2013. Effect of Drought Interactions with Ascorbate on Some Biochemical Parameters and Antioxidant Enzymes Activities in *Dracocephalum moldavica* L. Middle-East Journal of Scientific Research. 13 (4): 522-531.
- Sairam, R. K., P. S. Deshmukh, and D. C. Saxena.** 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotype tolerance to water stress. Biologia Plantarum. 41: 387-394.
- Saudan, S.** 2000. Studies on the frequency and time of irrigation application on herb and oil yield of palmrosa (*Cymbopogon martini stapf* var. *motia*.). Medicinal and Aromatic plant Science. 22(1B). 411-413.
- Singh, D. B., S. Verma, and S. N. Mishra.** 2002. Putrescine effect on nitrate reductase activity, organic nitrogen/protein and growth in heavy metal and salinity stressed mustard seedlings. Plant Biology. 45: 605-608.
- Siripornadulsil, S., S. Traina, D.P.S. Verma, R.T. Sayre.** 2002. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in
- Letchamo, W., R. Marquard, J. Holz, and A. Gosselin.** 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* L. selections. Angewandte Botanik. 68: 83-88.
- Liu, J. H., H. Kitashiba, J. Wang, Y. Ban, and T. Moriguchi.** 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology. 24: 117-126.
- Martin-Tanguy, J.** 2001. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regulation. 34: 135-148.
- Misra, A. and N. K. Srivastava.** 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 7: 51-58.
- Meirs, S., S. Philosophhadass, and N. Aharoni.** 1992. Ethylene increased Accumulation of florescent lipid-per oxidation products detected during parsley by a newly developed method. J. Am.Sce. Horticult. Sci.117:128-132.
- Minocha, R., S. C. Minocha, and S. Long.** 2004. Polyamines and their biosynthetic enzymes during somatic embryo development in red spruce (*Picea rubens* Sarg.). In vitro Cell. Dev. Biol. 40: 572-580.
- Naghbib, F., M. Mosaddegh, S.M. Motamed, and A. Ghorbani.** 2005. Labiatea family in Folk medicine in Iran : from ethnobotany to pharmacology. J. Pharmaceutical. 2: 63-79.

- leaves. *Plant Growth Regulation*. 41:231-236.
- Turhan , H. and I. Baser.** 2004. In vitro and *in vivo* water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.). *HELLA*. 27:227-236.
- Wang X., G. Shi, Q. Xu, and J. Hu.** 2006. Exogenous polyamines enhance copper tolerance of *Nymphoides peltatam*. *Journal of Plant Physiology*. 10:1016-1023.
- transgenic microalgae. *Plant Cell*. 14: 2837–2847.
- Tang, W. and J. R. Newton.** 2005. Polyamines reduced salt induced oxidative damage by increasing the activities of antioxidant enzymes and decreasing lipid peroxidation in Virginia pine. *Plant Growth Regulation*. 46: 31-43.
- Tasgin, E., O. Atici, and B. Nalbantoglu.** 2006. Effects of salicylic acid and cold on freezing . Tolerance in winter wheat

Effect of polyamins foliar application on morphological traits, protein and extract contents of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions

A.R. Pazoki*

The member of Young Researchers and Elite Club, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Due to study the effect of polyamins foliar application on morphological traits, protein and extract contents of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions, an experiment was done as factorial based on completely randomized blocks design with 4 replications at Islamic Azad University, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch. Drought stress in 3 levels (Irrigation at FC, 65% FC and 30% FC) and polyamins foliar application **putrescine** in 2 levels (0 and 0.8 mM) and spermidine in 2 levels (0 and 0.8 mM) were considered. The results showed that double and triple interaction effects were not significant on evaluated traits. But all main effects were significant on morphological characters. Based on the findings, drought stress decreased and **putrescine** and spermidine increased all morphological traits. In normal irrigation conditions, root porotein percentage (151.32 mg/L) and shoot porotein percentage (293.03 mg/L) improved to highest amounts but exextract percentage decreased. The highest exextract percentage at 30% FC (0.44%) and spermidine consumption (0.42%) were conducted. Irrigation time did not have meaningful effect on extract yield but **putrescine** and spermidine spraying increased that to 0.011 cc/plant and 0.012 cc/plant alternatively.

Keywords: Drought stress, Physiological traits, Protein, Putrescine, Spermidin, Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.)

* -Corresponding author (Pazoki @iausr.ac.ir)