نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره سوم، ۱۳۹۹
۱۱۵-۱۲۹
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16587.2515

اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک بر عملکرد و اجزای عملکرد خرفه (*Portulaca oleracea*) تحت شرایط کم‌آبی

***مهدی پناهیان کیوی[۱]، مرتضی اعلمی‌میلانی[۲] و ابادر عباسی[۱]**

[۱]عضو هیأت علمی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران،

[۲]دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱٤؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰٦/۲۹

چکیده

سابقه و هدف: خرفه (*Portulaca oleracea* L.) یکی از گیاهان دارویی با ارزش از خانواده Portulacaceae است. کمبود آب یکی از تنش‌های غیرزیستی عمده است که اثرات نامطلوبی بر رشد و عملکرد گیاهان دارد. استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود. بنابراین، با توجه به مشکلات کم‌آبی در کشور و کاربرد گسترده خرفه در صنایع مختلف، این پژوهش به‌منظور بررسی اثرات اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی علوفه خرفه تحت تنش کم‌آبی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها: آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت‌پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام‌نور اردبیل اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل چهار سطح آبیاری (آبیاری بعد از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و سه سطح محلول‌پاشی شامل شاهد (محلول‌پاشی با آب)، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (یک میلی‌مولار) و محلول‌پاشی با اسید آبسیزیک (۵۰ میکرومولار) در مراحل پنج برگی و گل‌دهی کامل بودند. تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار گرفتند. در این پژوهش، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد علوفه و پروتئین خام علوفه و نیز کارایی مصرف آب خرفه ارزیابی شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند تنش کمبود آب موجب افت تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیکی و دانه گردید. محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک موجب افزایش معنی‌دار تعداد کپسول در بوته (به‌ترتیب ۱۳/۲ و ۱۰/۹ درصد)، عملکرد زیست توده (به‌ترتیب ۱۵/۲ و ۱۳/۱ درصد) و عملکرد دانه (به‌ترتیب ۱٦/۱ و ۱۳/۳ درصد) شد. عملکرد علوفه و نیز درصد و عملکرد پروتئین خام علوفه تحت تنش کمبود آب به‌ترتیب ٦۵/۷، ۳۵/٤ و ۸۰/۸ درصد کاهش یافتند. کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک موجب افزایش معنی‌داری در عملکرد علوفه و پروتئین علوفه خرفه شد. استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد در تمام سطوح آبیاری موجب افزایش کارایی مصرف آب خرفه شد. بیش‌ترین کارایی مصرف آب (٤/٦۱ کیلوگرم بر مترمکعب) از محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک تحت تیمار آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک حاصل شد.

* مسئول مکاتبه: panahyankivi@gmail.com

نتیجه‌گیری: در تمام صفات مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری بین سطوح محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک وجود نداشت. بنابراین، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک برای بهبود عملکرد دانه و علوفه و کارایی مصرف آب خرفه به‌ویژه تحت تنش کم آبی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین علوفه، تنش کم‌آبی، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، خرفه

مقدمه

رشد و قدرت تولید گیاه تحت‌تأثیر عوامل تنش‌زای زیستی و غیرزیستی مختلف قرار می‌گیرند. تنش کم‌آبی زمانی در گیاه رخ می‌دهد که میزان تعرق از سطح برگ‌ها از ظرفیت و توانایی ریشه برای جذب آب از خاک فراتر رفته و شرایط جوی موجب اتلاف مداوم آب از طریق تعرق و تبخیر شود (۱۳)، بنابراین، رقابت بین گیاهان برای کسب آب (به‌دلیل فشار منفی) شروع می‌شود. واکنش گیاهان به تنش خشکی به‌شدت و مدت تنش، گونه گیاهی و مرحله رشد بستگی دارد (۲۸). کاهش معنی‌دار صفات مختلف رشد مانند تعداد برگ و وزن خشک بوته تحت تنش کمبود آب در گیاهان دارویی گشنیز (۱۹) و شوید (۲٤) گزارش شده است.

افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی از راه‌های مختلف شامل به‌نژادی و استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد عملی است. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بر هستند، استفاده از مواد شیمیایی مانند اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک آسان‌تر و ارزان‌تر است (۱). اسید سالیسیلیک یا اسید اورتوهیدروکسی بنزوئیک یک ترکیب فنلی گیاهی است که به‌عنوان یک تنظیم‌کننده هورمونی مورد توجه است و در راهبردهای دفاعی برای مقابله با اثرات منفی تنش‌های زیستی و محیطی نقش دارد. کاربرد سالیسیلات خارجی موجب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش خشکی و شوری می‌شود (۲۷). اسید سالیسیلیک موجب افزایش صفات رشدی مانند وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ در گیاهان دارویی مرزنجوش و ریحان تحت تنش خشکی شده است (۸). سالیسیلات اثرات کلیدی در گیاهان متأثر از تنش از جمله اثر بر جذب عناصر معدنی، پایداری غشا و روابط آبی، عملکرد روزنه‌ها و بازدارندگی سنتز اتیلن و بهبود رشد دارد (۲۰). اسید سالیسیلیک بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاهان را تنظیم و سبب سازگاری گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شود. در مطالعه‌ای محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک با افزایش کلروفیل‌های a و b در بادرشبو موجب افزایش مقاومت به خشکی شده است (۱).

اسید آبسیزیک یکی از بازدارنده‌های طبیعی است که از سایر بازدارنده‌های طبیعی گیاهان یک‌صد مرتبه قوی‌تر می‌باشد و فرآیندهایی مانند رکود بذرها، جوانه‌ها و نیز ریزش اندام‌ها را کنترل می‌کند. اسید آبسیزیک با تأثیر بر جذب و توزیع یون‌ها در بافت‌های گیاهی، تحریک تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تولید اسمولیت‌های سازگار در القای مقاومت به تنش خشکی در گیاهان نقش دارد (١٤). گزارش شده است که محلول‌پاشی زنیان با اسید آبسیزیک و اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز، محتوای قند و آنتوسیانین را بالا برد و تحمل این گیاه را به سطوح پایین دسترسی به آب افزایش داد (۹).

خرفه با نام انگلیسی Common Purslane (Little Hogweed) و نام علمی *Portulaca oleracea* L. یکی از گیاهان دارویی با ارزش از خانواده Portulacaceae است (۷). این گیاه برای

تثبیت CO_2 از مسیر فتوسنتزی C_4، که قابل تبدیل به CAM نیز هست، استفاده می‌کند. از دیدگاه گیاه‌شناسی خرفه گیاهی است یک‌ساله، گرمادوست، علفی، دارای شاخه‌های فرعی با ساقه‌های شیره‌دار که در انتهای قاعده گیاه حالت خوابیده و در راس وضعیتی افراشته دارند (۷). از خرفه به‌عنوان سبزی برگی در تهیه انواع سالاد و به‌صورت پخته مانند اسفناج استفاده می‌کنند. شاخ و برگ خرفه حاوی ۱۸ تا ۲۷ درصد پروتئین، ۲۳/٦ درصد کربوهیدرات، حدود ٦ درصد چربی و ۲۰/۳ درصد فیبر خام می‌باشد (۲۱). خرفه حاوی ویتامین‌های مهمی مانند A، B_1، B_2، C، نیاسین آمید، اسید نیکوتینیک، آلفاتوکوفرول و بتاکاروتن و برخی مواد معدنی هم‌چون پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مس، سدیم و آهن می‌باشد. تعداد ۲۷ نوع اسید چرب در روغن دانه خرفه مشاهده شده است که اسید پالمتیک، اسید لینولئیک یا امگا-٦ و اسید لینولنیک یا امگا-۳ بیش‌ترین اسیدهای چرب خرفه را تشکیل می‌دهند (۲۳). در زمینه کاربردهای دارویی خرفه می‌توان به اثر ضد اضطرابی و خواب‌آوری، اثر شل‌کنندگی عضلانی، افزاینده کلسترول HDL و کاهنده کلسترول تام و کلسترول LDL و در نتیجه کاهش خطر بیماری‌های قلبی و عروقی را نام برد (۱۵).

استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شود و به‌عنوان یک راهبرد برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش‌های محیطی است (۲٦). با توجه به مشکلات کم‌آبی در کشور و کاربرد گسترده خرفه در صنایع دارویی، آرایشی، بهداشتی و غذایی (۱۵) به‌منظور بررسی اثرات اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات کمی و کیفی علوفه خرفه، به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش مزرعه‌ای: این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور اردبیل اجرا گردید. این محل با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریای آزاد، دارای زمستان‌های خیلی‌سرد و بهار و تابستان‌های معتدل است. میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه در طی یک دوره ۱۵ ساله به‌ترتیب ۷/۹ و ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه حدود ٤۰۰ میلی متر می‌باشد (٤). نتایج حاصل از تجزیه خاک در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش.

Table 1. Physical and chemical analysis of the site experiment soil.

عمق (سانتی‌متر)	اسیدیته	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی-گرم بر کیلوگرم)
Depth (cm)	pH	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Soil Texture	EC (dS/m)	OC (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)
0-30	7.76	14	25	61	Sandy loam	1.18	0.83	0.06	17.7	318	0.92	8.6

عملیات مزرعه‌ای: شخم زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال ۱۳۹٦ صورت گرفت. عملیات تکمیلی تهیه زمین (دیسک) و کرت‌بندی نیز در بهار سال ۱۳۹۷ انجام شد. هر واحد آزمایشی دارای هشت ردیف کاشت سه متری بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱٦ سانتی‌متر (تراکم ۲۵ بوته در مترمربع) و فاصله دو کرت مجاور از هم یک متر و فاصله تکرارها از

یکدیگر ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت، به‌عنوان حاشیه لحاظ گردید. بذر خرفه مورد استفاده در این پژوهش از فروشگاه نهاده کشاورزی شهرستان همدان تهیه شد که توده بومی و مورد کشت منطقه است. بذرها در در تاریخ ۱۵ اردیبهشت‌ماه با تراکم بالا در شیارهایی به عمق یک سانتی‌متر کشت شدند و سپس در مرحله ٤ تا ٦ برگی جهت رسیدن به تراکم مطلوب (۲۵ بوته در مترمربع) تنک شدند.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فواصل آبیاری (I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) به‌عنوان عامل اصلی (سطح آبیاری I_1 به‌عنوان آبیاری مطلوب (بدون تنش کمبود آب) و سایر سطوح آبیاری به‌عنوان تیمارهای تنش کمبود آب در نظر گرفته شدند (۲۱) و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک (یک میلی‌مولار) و اسید آبسیزیک (۵۰ میکرومولار) و شاهد (محلول‌پاشی با آب) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها (مرحله ۵ برگی گیاه)، بوته‌ها تنک گردیده و پس از آن، آبیاری‌ها بر اساس تیمارهای موردنظر و میزان تبخیر از تشتک صورت گرفت. محلول‌پاشی در دو نوبت (پنج برگی و گل‌دهی کامل به‌منظور اطمینان از اثربخشی کامل تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک (۹) و هر بار صبح زود و قبل از طلوع آفتاب و در زمان‌هایی که وزش باد وجود نداشت، با سم‌پاش دستی انجام گرفت. وجین علف‌های هرز همه کرت‌های آزمایشی، به‌صورت دستی و در چندین نوبت انجام شد. برداشت خرفه در ١٦ مردادماه سال ۱۳۹۷، زمانی که ۷۰ درصد کپسول‌ها کاملاً رسیده بودند و رنگ آن‌ها به زرد تغییر یافته بود، به‌صورت دستی صورت گرفت.

صفات مورد بررسی

عملکرد و اجزای عملکرد دانه و عملکرد علوفه: در پایان دوره رشد برای تعیین اجزای عملکرد، از هر کرت ۱۰ بوته برداشت شد و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و تعداد دانه در بوته ثبت گردید. سپس از هر واحد آزمایشی ۱۰ نمونه صدتایی دانه خرفه شمارش شد و میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزاردانه ثبت گردید. برای تعیین عملکرد علوفه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی (۲۳) و هم‌چنین برای تعیین عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه در واحد سطح، در مرحله رسیدگی بوته‌های موجود در یک مترمربع از خطوط میانی هر کرت به روش دستی، کف‌بر و برداشت گردیدند. سپس نمونه‌ها به‌مدت ٤٨ ساعت در آونی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و پس از توزین آن‌ها عملکرد علوفه به‌دست آمد. عملکرد زیست توده در هر کرت با افزودن وزن دانه محاسبه شد. درصد رطوبت دانه‌ها در زمان اندازه‌گیری در حدود ١٤ درصد بود. پس از تعیین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه، شاخص برداشت نیز محاسبه گردید.

درصد پروتئین خام علوفه: درصد پروتئین خام علوفه با استفاده از دستگاه کجلدال تعیین شد. اساس کار در روش کجلدال[1] بر اندازه‌گیری نیتروژن کل موجود در نمونه آزمایشی استوار است و فرض بر آن است که تمام نیتروژن موجود از نوع پروتئین است. بنابراین، پس از اندازه‌گیری نیتروژن کل نمونه با اعمال ضریب ٦/۲۵، درصد پروتئین خام علوفه در تیمارهای مختلف محاسبه شد (۱۵). عملکرد پروتئین نیز از حاصل‌ضرب عملکرد علوفه در غلظت پروتئین علوفه محاسبه شد (۱۵).

کارآیی مصرف آب: پس از استقرار گیاهان، آبیاری هر تیمار پس از رسیدن میزان تبخیر به مقدار موردنظر

1- Kejeldahl

(طبق هر تیمار) انجام گرفت. جهت اعمال دقیق تیمارهای آبیاری از کنتورهای آب نصب‌شده در مزرعه تحقیقاتی استفاده گردید. حجم آب مصرفی در هر کرت و در هر مرتبه از آبیاری در تیمارهای مختلف بر حسب لیتر (Lit) از رابطه ۱ محاسبه گردید:

$$V = (\theta_{FC} - \theta_{SM}).\rho b.A.d \qquad (۱)$$

که در آن، θ_{FC} درصد وزنی رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_{SM} درصد وزنی رطوبت خاک در هر تیمار آبیاری، d عمق توسعه ریشه (متر)، ρb وزن مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب) و A مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد.

سپس میزان بارش طی فصل رشد گیاه از داده‌های هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی استخراج گردید و مجموع حجم آب آبیاری و میزان بارندگی در طول فصل رشد به‌عنوان مجموع آب مصرفی در دوره رشد محاسبه گردید.

کارآیی مصرف آب WUE نیز از طریق رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$WUE = \frac{\text{عملکرد بیولوژیک}}{\text{مجموع آب مصرفی در دوره رشد}} \qquad (۲)$$

تجزیه‌های آماری: پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف انجام گرفت تا در صورت نیاز، تبدیل داده مناسب صورت گیرد. از نرم‌افزار MSTAT-C و SPSS نسخه ۲۱ برای انجام تجزیه‌های آماری استفاده شد. میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.در این آزمایش به‌دلیل بیش‌تر بودن خطای فرعی از اصلی در نتایج تجزیه واریانس داده‌ها از ادغام خطای اصلی و فرعی (pooling) به‌منظور افزایش درجه آزادی خطا و قدرت آزمون استفاده گردید و معنی‌داری تیمارها برای صفات بر اساس خطای جدید حاصل از ادغام خطای اصلی و فرعی سنجیده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ: بین سطوح آبیاری از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما اثر تیمار محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمارها بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). تشدید کم‌آبی به افت شاخص سطح برگ منجر شد. شاخص سطح برگ خرفه در تیمار I_1 به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر فواصل آبیاری بود (جدول ۳). توسعه سلول فرایندی وابسته به پتانسیل فشاری است و کاهش پتانسیل فشاری سلول‌ها از اولین آثار مهم زیست- فیزیکی تنش کم‌آبی محسوب می‌شود. توسعه برگ نیز عمدتاً به توسعه سلول بستگی دارد. بنابراین، زمانی‌که آب خاک به‌تدریج تخلیه می‌شود، توسعه سطح برگ اولین فرایندی است که بر اثر کمبود آب محدود می‌گردد که نتیجه آن تولید برگ‌های کوچک‌تر در گیاه است (۱۵). تشکیل سلول‌های کم‌تر در گیاهان تحت تنش، اندازه نهایی برگ را محدود می‌سازد. هم‌چنین با افزایش تنش کمبود آب، اسمولیت‌ها با صرف انرژی بالا در گیاه تجمع یافته و این انرژی به جای استفاده برای رشد و توسعه برگ‌ها، صرف کاهش پتانسیل اسمزی شده و در نتیجه شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد. تحت تنش خشکی، برگ‌های کوچک‌تر و ضخیم‌تر از طریق کاهش سطح تبخیر، تلفات آب را کاهش داده و به بهبود روابط آبی کمک می‌کنند (۲۰).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی خرفه تحت سطوح مختلف آبیاری و محلول‌پاشی تنظیم‌کننده‌های رشد.

Table 2. Analysis of variance for studied traits of purslane under drought stress and growth regulators.

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	تعداد دانه در بوته	وزن ۱۰۰۰ دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	وزن خشک علوفه	درصد پروتئین خام	عملکرد پروتئین خام	کارایی مصرف آب
		میانگین مربعات											
		Mean of squares											
SOV	df	Leaf area index	Number of capsules per plant	Number of seeds per capsule	Number of seeds per plant	1000 seed weight	Biological yield	Grain yield	Harvest index	Dry forage yield	Crude protein percentage	Crude protein yield	Water use efficiency
تکرار Replication	2	0.001	227.13	1.96	173872.4	0.00004	2.387	0.885	0.152	63.049	0.018	1.156	0.023
آبیاری Irrigation (I)	3	0.371**	63588.04**	625.55**	129796993.1**	0.01229**	88212.3**	4353.9**	0.469	56988.5**	17.311**	603.87**	2.601**
خطای اصلی Error (a)	6	0.003	109.96	0.319	40887.5	0.000098	254.6	5.98	0.856	21.298	0.085	0.995	0.125
تنظیم کننده رشد Regulator (R)	2	.004	2644.39**	1.423	1874092.6*	0.000029	3454.8 *	185.76**	0.037	2588.12**	0.336	21.554*	5.41**
R × I	6	.0003	35.54	0.067	41619.1	0.0000001	51.31	1.278	0.347	34.594	0.008	0.563	0.025**
خطای فرعی Error (b)	16	0.016	289.05	3.57	476966.7	0.000249	769.3	11.835	1.829	152.514	0.232	3.641	0.006
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		8.1	7.45	8.24	11.96	4.45	12.34	6.89	6.06	6.86	6.61	13.3	2.23

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** Significant at 5% and 1% probability level, respectively.

جدول ۳- میانگین صفات مورد بررسی خرفه تحت تیمارهای مختلف آبیاری و هورمونی.

Table 3. Means of studied traits of purslane for irrigation and hormone.

عملکرد پروتئین خام (گرم بر مترمربع)	درصد پروتئین خام	وزن خشک علوفه (گرم بر مترمربع)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)	عملکرد زیستی (گرم بر مترمربع)	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	تعداد دانه در بوته	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	شاخص سطح برگ	
Crude protein yield	Crude protein percentage	Dry forage yield	Grain yield	Biological yield	1000 seed weight	Number of seeds per plant	Number of seeds per capsule	Number of capsules per plant	Leaf area index	
										آبیاری Irrigation
22.83 a	8.74 a	260.3 a	72.7 a	326.1 a	0.397 a	10073.2 a	31.4 a	319.4 a	1.8 a	I_1
18.67 b	8.05 b	231.4 b	63.8 b	288.5 b	0.3728 b	7722.8 b	27.97 b	275.6 b	1.67 b	I_2
9.39 c	6.68 c	139.8 c	37.2 c	169.2 c	0.3342 c	3498.1 c	19 c	183.8 c	1.51 c	I_3
5.04 d	5.64 d	89 d	25.9 d	115.2 d	0.3152 d	1789.4 d	13.2 d	135.1 d	1.33 d	I_4
										تنظیم‌کننده رشد Regulator
12.51 b	7.11 a	163.7 b	45.4 b	205.3 b	0.3531 b	5328.1 b	22.5 a	211.7 b	1.56 a	شاهد Control
14.29 a	7.3 a	184.5 a	51.8 a	232.3 a	0.3552 a	5908.1 ab	23.1 a	234.1 a	1.58 a	اسید آبسیزیک Abscisic acid
15.14 a	7.44 a	192.1 a	52.7 a	236.6 a	0.3562 a	6083.1 a	23.2 a	239.8 a	1.59 a	اسید سالیسیلیک Salicylic acid

حروف متفاوت در هر ستون نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است (آزمون چنددامنه‌ای دانکن).

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A.

Different letters in each column indicate significant difference at $P \leq 0.05$ (Duncan multiple range test).
I_1, I_2, I_3, I_4: irrigation after 70, 100, 130 and 160 mm evaporation, respectively.

تعداد کپسول در بوته: بر اساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، تعداد کپسول در بوته خرفه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی قرار گرفت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. تعداد کپسول در بوته با کاهش آب قابل‌دسترس برای گیاه کاهش یافت. تعداد کپسول در بوته تحت تیمار I_4، ۵۷/۷ درصد کم‌تر از تیمار I_1 بود (جدول ۳). تیمارهای محلول‌پاشی تعداد کپسول در بوته را نسبت به شاهد (محلول‌پاشی با آب) به‌طور معنی‌داری افزایش دادند. بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته (۲۳۹/۸) بر اثر محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۳/۲ درصد افزایش نشان داد. بین سطوح محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که یکی از دلایل کاهش تعداد کپسول در بوته تحت تنش کمبود آب، به‌طور عمده از کاهش فرایندهای مرتبط با رشد و در نهایت افت میزان ماده خشک گیاه ناشی از این عوامل تنش‌زا باشد. زیرا ماده خشک یکی از معیارهای

کاربردی در تعیین بازتاب گیاه به انواع شرایط محیطی است (۱۷). کرمی (۱۵) هم کاهش تعداد سرشاخه گلدار گاوزبان تحت تنش خشکی را گزارش نموده‌اند. کاربرد اسید سالیسیلیک می‌تواند از طریق افزایش پایداری غشا، هدایت روزنه‌ای و باز نگه داشتن روزنه‌ها از تجمع یون‌های سمی جلوگیری نماید و در نهایت با افزایش سرعت فتوسنتز و مواد فتوسنتزی از کاهش اجزای عملکرد مثل تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول بکاهد (۱۰).

تعداد دانه در کپسول: بین سطوح آبیاری از نظر تعداد دانه در کپسول اختلاف معنی‌دار وجود داشت، اما اثر تیمار محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمارها بر این صفت غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). تشدید کم‌آبی به افت میانگین تعداد دانه در کپسول منجر شد. تعداد دانه در کپسول در تیمار I_1 به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر فواصل آبیاری بود (جدول ۳). تنش خشکی موجب کاهش تعداد دانه در چتر گردید که دلیل آن به احتمال زیاد پژمردگی کلاله، پسابیدگی دانه‌های گرده و عدم رشد لوله‌های گرده می‌باشد که تعداد دانه در کپسول را کاهش داده است (۲۸). در گیاه دارویی آنیسون تنش خشکی تعداد چتر، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، وزن هزاردانه و عملکرد دانه را کاهش داده است (۱۱).

تعداد دانه در بوته: تعداد دانه در بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی قرار گرفت، ولی اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). میانگین تعداد دانه در بوته با افزایش فواصل آبیاری کاهش یافت. تحت تیمارهای I_2، I_3 و I_4 تعداد دانه در بوته به‌ترتیب ۲۳/۳، ٦٥/٢ و ۸۲/۲ درصد کم‌تر از سطح اول آبیاری (I_1) به‌دست آمد (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد دانه در بوته در نتیجه محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. بین سطوح تیماری محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). تنش خشکی از طریق کاهش محتوای نسبی آب برگ، تعداد برگ، افت فتوسنتز و متأثر کردن فعالیت‌های آنزیمی، تولید دانه بارور را کاهش داده و به افت تعداد دانه در واحد سطح منجر می‌شود (۹). کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک توانسته است از طریق بهبود فرآیند گلدهی، تعداد دانه در چترک گشنیز را به‌طور میانگین ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد (۲۹).

وزن هزاردانه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول‌پاشی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. وزن هزاردانه در تیمار I_1 به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر فواصل آبیاری بود (جدول ۳). تشدید کم‌آبی به کاهش وزن هزاردانه خرفه منجر شد. کاهش وزن هزاردانه در شرایط کمبود آب اغلب به‌دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعداد برگ، کاهش تولید مواد فتوسنتزی و مصرف ترکیبات آلی در جهت تنظیم اسمزی است. به همین دلیل، عوامل تنش‌زا مانند خشکی در طول رشد گیاه به‌طور معمول تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را کاهش داده و به تولید دانه کم‌تر و اغلب کوچک‌تر منجر می‌شوند (۲۸). از طرفی انطباق دوره پر شدن دانه خرفه با روزهای گرم اواسط تیر و اوایل مرداد به تشدید اثرات خشکی و در نتیجه به کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش وزن هزاردانه در این گیاه انجامید.

عملکرد زیستی: اثر آبیاری و محلول‌پاشی بر عملکرد زیستی خرفه معنی‌دار به‌دست آمد. اثر متقابل این تیمارها برای این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). در بررسی فواصل مختلف آبیاری، بیش‌ترین عملکرد زیستی به گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر مربوط بود. آبیاری گیاهان با فواصل ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به کاهش ۱۱/۶، ۴۸/۱ و ٦٤/٧ درصدی عملکرد بیولوژیکی در مقایسه با سطح اول آبیاری (I_1) منجر گردید (جدول ۳). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک منجر به تولید بیش‌ترین عملکرد زیستی (۲۳٦/٦ گرم در مترمربع) شد که نسبت به شاهد عملکرد بیولوژیکی را ۱۵/۲ درصد افزایش داد. بین سطوح محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). به‌دلیل این‌که سنتز املاح سازگار و تجمع آن‌ها به انرژی زیادی نیاز دارد، تجمع املاح تحت تنش کم‌آبی به کاهش یا مهار رشد بخش هوایی منجر می‌شود (۱۸). کاربرد اسید سالیسیلیک از طریق فرآیندهای فیزیولوژیکی در شرایط تنش خشکی سبب افزایش زیست‌توده کدو تخم‌کاغذی شده است (۲۵). به‌نظر می‌رسد که افزایش عملکرد زیستی در اثر مصرف اسید سالیسیلیک به‌خاطر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این ماده در دیواره سلولی باشد که باعث افزایش مقدار لیگنین در ساختار دیواره سلولی می‌شود که این خود می‌تواند عاملی در افزایش وزن زیست‌توده گیاهان به‌خصوص در شرایط تنش خشکی باشد (۹). اسید سالیسیلیک با بهبود روابط منبع و مخزن و فعالیت‌های فتوسنتزی، خصوصیات ریخت‌شناسی گیاه کتان را بهبود و زیست‌توده آن را افزایش داد (۵).

عملکرد دانه: بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی از نظر محصول دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی برای محصول دانه خرفه غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. تحت تنش کم‌آبی ملایم (I_2)، متوسط (I_3) و شدید (I_4)، محصول دانه به‌ترتیب ۱۲/۲، ٤٨/٨ و ٦٤/٣ درصد کم‌تر از آبیاری مطلوب (I_1) بود (جدول ۳). محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بیش‌ترین محصول دانه را تولید کرد که نسبت به شاهد ١٦/١ درصد افزایش را در این صفت ایجاد نمود. بین سطوح محلول‌پاشی با اسید سلیسیلیک و اسید آبسیزیک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). در شرایط کم‌آبی، روزنه‌های گیاه نیمه بسته یا بسته می‌شوند که این امر موجب کاهش جذب CO_2 می‌شود. از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌کند و تحت تنش، تعداد برگ خود را کاهش می‌دهد که این امر به کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه افت انتقال مواد به دانه‌ها منجر می‌شود (٦) که نتیجه آن کاهش وزن هزاردانه، تعداد دانه و در نهایت محصول دانه (جدول ۳) است. افت محصول دانه با افزایش فواصل آبیاری در گیاهان دارویی سیاه‌دانه (۲۲) و زیره سیاه (۱۷) نیز گزارش شده است. آرفان و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که در تیمار ۰/۲۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک، افزایش محصول دانه با افزایش وزن صد دانه همراه بوده است (۲). هورمون اسید آبسیزیک از طریق تسهیل نفوذ ریشه در خاک، نقش مهمی در تحمل کم‌آبی دارد (۹) که در نهایت از طریق بهبود تنظیم اسمزی در گیاهان باعث افزایش تولید مواد پرورده و محصول می‌شود (۱۲). ارقام مقاوم به خشکی سطح بالاتری از هورمون اسید آبسیزیک را دارا می‌باشند و می‌توان از طریق کاربرد این هورمون ارقام حساس به خشکی را تا حدودی مقاوم کرد و تولید را افزایش داد (۱۰).

شاخص برداشت: در گیاهان زراعی تولیدکننده دانه، شاخص برداشت معیاری از کارآیی تسهیم مواد فتوسنتزی و ماده خشک به بخش‌های اقتصادی و موردنظر از لحاظ عملکرد است که می‌تواند تحت‌تأثیر شرایط محیطی قرار گیرد. پایداری شاخص برداشت فاکتور کلیدی و مهم در عملکرد محصول است (۳). شاخص برداشت دانه خرفه تحت‌تأثیر آبیاری و محلول‌پاشی قرار نگرفت (جدول ۲). شاخص برداشت نشانگر بخشی از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد و در مدیریت و هم‌چنین به‌نژادی گیاهان زراعی دانه‌ای کوشش می‌شود تا شاخص برداشت به حداکثر ممکن افزایش یابد (۳). شاید عمده‌ترین علت تأثیر نپذیرفتن شاخص برداشت از تنش کم‌آبی را بتوان به این امر نسبت داد که تنش خشکی به همان نسبت که باعث افت عملکرد دانه می‌شود، زیست‌توده گیاه را نیز به همان نسبت کاهش می‌دهد. برخلاف نتایج این پژوهش، یگانه‌پور و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که شاخص برداشت دانه گشنیز به‌طور معنی‌داری تحت تنش خشکی افت پیدا کرده است (۲۹).

عملکرد علوفه: بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی از نظر عملکرد علوفه در واحد سطح اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی برای این صفت غیرمعنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد علوفه خرفه (۲۶۰/۳ گرم در مترمربع) از گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر (I_1) به‌دست آمد و با تشدید کم‌آبی میانگین عملکرد علوفه کاهش نشان داد، به‌طوری‌که تحت تیمار I_4 به ۸۹ گرم در مترمربع رسید (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد علوفه از محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۷/۳ درصد افزایش نشان داد. بین سطوح محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). از اولین علائم کمبود آب در خرفه و اغلب گیاهان کاهش فشار تورژسانس است که این عامل منجر به کاهش رشد و نمو سلول‌ها به‌ویژه در ساقه و برگ می‌شود. در واقع با کاهش فشار تورژسانس در اثر کمبود آب، نمو سلول به‌دلیل عدم وجود فشار درون‌سلولی کاهش یافته و با کاهش رشد سلول، اندازه و وزن برگ نیز کاهش می‌یابد. بنابراین، بین کاهش اندازه سلول و میزان کاهش آب رابطه معنی‌داری در بافت‌های گیاه دیده می‌شود. با توجه به نتایج این آزمایش، به خوبی روشن است که مصرف اسید سالیسیلیک موجب بهبود رشد رویشی گیاه خرفه و افزایش وزن خشک برگ شده است و نیز این ترکیبات توانسته‌اند اثرات منفی تنش خشکی را به‌طور معنی‌داری کاهش دهند. به گزارش خان و همکاران (۲۰۰۳) کاربرد اسید سالیسیلیک، استیل اسید سالیسیلیک، اسید جنتسییک یا دیگر آنالوگ‌های اسید سالیسیلیک در برگ‌های ذرت و سویا موجب افزایش سطح و زیست‌توده خشک برگ این گیاهان گردیده است (۱۶).

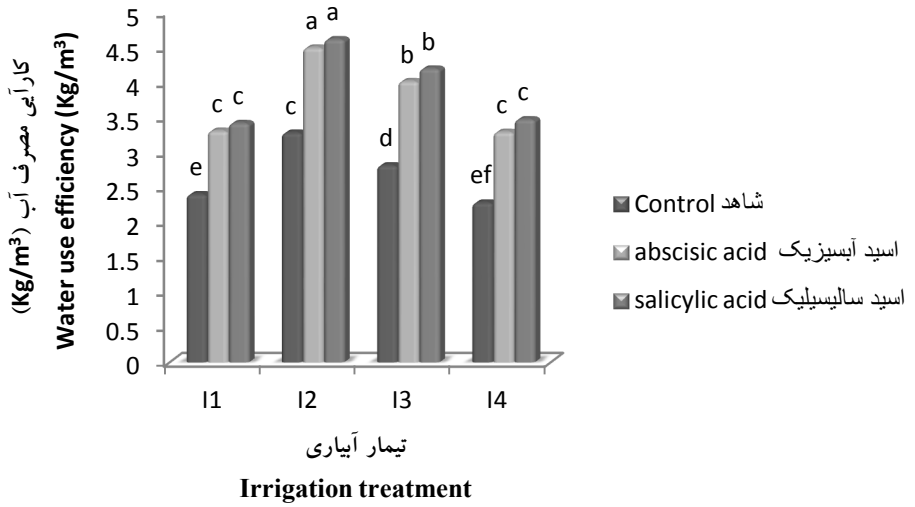
درصد پروتئین خام: بر اساس نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) درصد پروتئین خام علوفه خرفه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. بین سطوح مختلف تیمار محلول‌پاشی از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی بر این صفت غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. درصد پروتئین خام با افزایش فواصل آبیاری افت پیدا کرد (جدول ۳). میانگین درصد پروتئین خام علوفه خرفه در این بررسی ۹-۵ درصد

بود (جدول ۳). این کاهش می‌تواند به‌دلیل کاهش سنتز پروتئین، تسریع پروتئولیز و یا واسرشته شدن آنزیم‌های درگیر در سنتز پروتئین باشد. تنش کم‌آبی با تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب تخریب ساختار پروتئین‌ها و اسید آمینه‌ها می‌شوند (۹). قاسمی گلعذانی و همکاران (۲۰۱۸) کاهش درصد پروتئین خام برگ را به تجزیه برخی پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی و عدم تولید دوباره آن‌ها مربوط دانستند (۹).

عملکرد پروتئین علوفه: بین سطوح آبیاری و محلول‌پاشی از نظر عملکرد پروتئین علوفه در واحد سطح اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی برای عملکرد پروتئین علوفه غیرمعنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین عملکرد پروتئین علوفه خرفه (۹۱/۵ کیلوگرم در هکتار) از گیاهان آبیاری شده با فواصل ۷۰ میلی‌متر تبخیر (I_1) به‌دست آمد و با تشدید کم‌آبی میانگین عملکرد پروتئین علوفه کاهش نشان داد، به‌طوری‌که تحت تیمار I_4 به ۵/۰٤ گرم در مترمربع رسید (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد پروتئین علوفه خرفه از تیمار محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک حاصل شد که نسبت به شاهد ۲۱/۱ درصد افزایش نشان داد. بین سطوح محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۳). عملکرد پروتئین علوفه تابعی از درصد پروتئین خام علوفه و عملکرد علوفه می‌باشد. در این پژوهش، درصد پروتئین و عملکرد علوفه تحت تنش خشکی افت پیدا کردند و در نتیجه عملکرد پروتئین علوفه کاهش پیدا کرد. به‌دلیل این‌که کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک موجب افزایش عملکرد علوفه شده بود (جدول ۳)، بنابراین محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک سبب افزایش عملکرد پروتئین علوفه در واحد سطح گردید. به گزارش یگانه‌پور و همکاران (۲۰۱۷) تنش خشکی به‌دلیل کاهش میزان آب خاک و فعال نمودن فرایندهای مختلف در گیاه، که با مصرف انرژی همراه می‌باشد، بر عملکرد کمی و کیفی علوفه گیاهان اثر نامطلوب دارد (۲۹). این چنین به‌نظر می‌رسد در گیاهانی که بذرشان با اسید سالیسیلیک پیش‌تیمار شده باشند، افزایش سطح برگ و استفاده بهینه از تابش‌های خورشیدی و افزایش سرعت فتوسنتز خالص ناشی از مصرف اسید سالیسیلیک (۹) موجب افزایش عملکرد علوفه و در نتیجه بهبود عملکرد پروتئین علوفه در این گیاهان گردیده است.

کارایی مصرف آب: کارآیی مصرف آب بر اساس عملکرد زیستی تحت‌تأثیر تیمارهای آبیاری، محلول‌پاشی و اثر متقابل آبیاری × محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۲). کارآیی مصرف آب بر حسب کیلوگرم ماده خشک تولیدی به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی محاسبه شد. بیش‌ترین کارآیی مصرف آب در تیمار I_2 و کم‌ترین آن در تیمار I_1 و I_4 به‌دست آمد (شکل ۱). پایین بودن کارآیی مصرف آب در تیمار آبیاری I_1 نسبت به تیمار I_2 بیانگر آن است که با وجود این‌که تولید ماده خشک در تیمارهای I_1 و I_2 از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم ندارند، ولی به‌دلیل مصرف آب زیادتر در تیمار I_1، کارآیی مصرف آب کاهش یافته است (شکل ۱). هم‌چنین با وجود این‌که در تیمارهای آبیاری I_3 و I_4 میزان حجم آب مصرفی کم‌تر از تیمارهای آبیاری I_1 و I_2 می‌باشد، ولی کاهش معنی‌دار عملکرد بر اثر تنش خشکی، دلیل پایین بودن کارآیی مصرف آب این سطوح آبیاری می‌باشد. در تمام سطوح آبیاری، تیمار محلول‌پاشی

کارایی مصرف آب را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (شکل ۱) که دلیل آن را می‌توان به نقش تنظیم‌کننده‌های رشد در افزایش وزن خشک نسبت داد که موجب افزایش کارآیی مصرف آب این سطوح تیماری شدند. مشابه با نتایج این پژوهش، یگانه‌پور (۲۹) نیز عنوان نمود که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک تحت تنش خشکی کارایی مصرف آب گشنیز را بهبود بخشید.



شکل ۱- اثر تیمار آبیاری و محلول‌پاشی بر کارایی مصرف آب خرفه.

I_1، I_2، I_3 و I_4: به‌ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A.

Fig. 1. Effect of irrigation treatment and foliar application on purslane water use efficiency.
I_1, I_2, I_3, I_4: irrigation after 70, 100, 130 and 160 mm evaporation, respectively.

همبستگی بین صفات: نتایج مربوط به همبستگی صفات در جدول ٤ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، تمامی صفات مورد بررسی به‌جز شاخص برداشت، با یکدیگر همبستگی مثبت دارند، یعنی افزایش در هریک از صفات (به‌جز شاخص برداشت) موجب افزایش صفت دیگر می‌گردد. به‌جز کارایی مصرف آب و شاخص برداشت که همبستگی معنی‌داری با سایر صفات ندارند، بقیه صفات همبستگی مثبت و نیز معنی‌داری در ارتباط با یکدیگر دارند و افزایش این صفات منجر به بهبود سایر عوامل مورد بررسی می‌شود.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات خرفه در واکنش به تیمار آبیاری و محلول‌پاشی.

Table 4. Correlation coefficients among purslane traits in response to irrigation and foliar application treatments.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
١- شاخص سطح برگ 1- Leaf area index	1											
٢- تعداد کپسول در بوته 2- Number of capsules per plant	0.887**	1										
٣- تعداد دانه در کپسول 3- Number of seeds per capsule	0.850**	0.977**	1									
٤- تعداد دانه در بوته 4- Number of seeds per plant	0.878**	0.987**	0.985**	1								
٥- وزن ١٠٠٠ دانه 5- 1000 seed weight	0.877**	0.969**	0.942**	0.961**	1							
٦- شاخص برداشت 6- Harvest index	-0.253	-0.094	-0.067	-0.059	-0.155	1						
٧- عملکرد بیولوژیکی 7- Harvest index	0.916**	0.973**	0.953**	0.966**	0.943**	-0.221	1					
٨- عملکرد دانه 8- Grain yield	0.905**	0.979**	0.964**	0.978**	0.936**	-0.110	0.993**	1				
٩- عملکرد علوفه 9- Forage yield	0.927**	0.985**	0.964**	0.974**	0.941**	-0.105	0.984**	0.991**	1			
١٠- درصد پروتئین خام 10- Crude protein percentage	0.942**	0.970**	0.942**	0.954**	0.955**	-0.162	0.972**	0.970**	0.976**	1		
١١- عملکرد پروتئین 11- Crude protein yield	0.934**	0.987**	0.959**	0.979**	0.961**	-0.126	0.986**	0.988**	0.994**	0.984**	1	
١٢- کارایی مصرف آب 12- Water use efficiency	0.178	0.232	0.175	0.150	0.087	-0.093	0.250	0.247	0.280	0.207	0.217	1

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

** Significant at 1% probability level.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک در رفع اثرات منفی تنش کم‌آبی نقش داشته و کاربرد آن به‌طور مؤثری موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه و نیز عملکرد کمی و کیفی علوفه خرفه گردید. می‌توان بیان نمود که خرفه گیاهی حساس به کم‌آبی است و افزایش فواصل آبیاری، رشد، عملکرد دانه و تولید علوفه این گیاه دارویی را محدود ساخت. تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری بین سطوح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و اسید آبسیزیک وجود نداشت. بنابراین، محلول‌پاشی با این دو تنظیم‌کننده رشد، می‌تواند رشد، عملکرد دانه و تولید علوفه خرفه را در شرایط آبیاری مطلوب و محدود بهبود بخشد. هم‌چنین، با توجه به این‌که عملکرد علوفه این گیاهان در واحد سطح نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای رایج، کم‌تر است، پیشنهاد می‌گردد که جنبه‌های دارویی به‌جای مصرف علوفه بررسی گردد.

منابع

1. Abaspor, H. and Rezaei, H. 2014. Effects of salicylic acid and jasmonic acid on hill reaction and photosynthetic pigment (*Dracocephalum moldavica* L.) in different levels of drought stress. Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res. 2: 2850-2859.
2. Arfan, M.H., Athar, R. and Ashraf, M. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? J. Plant Physiol. 6: 685-694.
3. Awan, I.U., Khan, A., Zareef, M. and Khan, E.A. 2009. Weed management in sunflower with allelopatic water extract and reduced doses of herbicide. J. Weed Sci. Res. 15: 1. 19-30.
4. Azarakhshi, M., Farzadmehr, L., Eslah, M. and Sahabi, H. 2013. An investigation on trends of annual and seasonal rainfall and temperature in different climatologically regions of Iran. J. Range Water Manag. 66: 1-16. (In Persian)
5. Bakery, B.A., El-Hariri, D.M., Mervat, S.S. and El-Bassiouny, H.M.S. 2012. Drought stress mitigation by foliar application of salicylic acid in two linseed varieties grown under newly reclaimed sandy soil. J. Appl. Sci. Res. 7: 3503-3514.
6. Belin, C., Thomine, S. and Schroeder, J.I. 2010. Water balance and the regulation of stomatal movements. P 283-305, In: A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert and J. Govindjee (eds). Abiotic stress adaptation in plants. Springer, Dordrecht, Netherlands.
7. Chan, K., Islam, M.W., Kamil, M., Radhakrishna, R., Zakaria M.N. and Habibullah, M. 2000. The analgesic and anti-inflammatory effects of *Portulaca oleracea* L. J. Ethnopharmacol. 73: 445-451.
8. El-Lateef-Gharib, F. 2006. Effect of salicylic acid on the growth, metabolic activities and oil content of basil and marjoram. Int. J. Agric. Biol. 8: 4. 485-492.
9. Ghassemi-Golezani, K., Ghassemi, S. and Zehtab-Salmasi, S. 2018. Changes in essential oil-content and composition of ajowan (*Carum copticum* L.) seeds in response to growth regulators under water stress. Sci. Hort. 231: 219-226.
10. Hayata, Q., Hayata, S.H., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ. Exp. Bot. 68: 14-25.
11. Heidari, N., Pouryousef, M., Tavakkoli, A. and Saba, J. 2012. Effect of drought stress and harvesting date on yield and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iran. J. Med. Aromat. Plant. 28: 1. 121-130. (In Persian)

12.Hussain, S., Saleem, M.F., Ashraf, M.Y., Cheema, M.A. and Haq, M.A. 2010. Abscisic acid, a stress hormone helps in improving water relations and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under drought. Pak. J. Bot. 42: 2177-2189.
13.Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol. 11: 100-105.
14.Kang, D.J., Seo, Y.J., Ishii, R., Kim, K.U., Shin, D.H., Park, S.K., Jang, S.W. and Lee, I.J. 2005. Jasmonic acid differentially affects growth, ion uptake and abscisic acid concentration in salt-tolerant and salt-sensitive rice cultivars. J. Agron. Crop Sci. 191: 273-282.
15.Karimi, G., Ziaee, T. and Nazari, A. 2008. Effect of *Portulaca oleraceae* L. extracts on the morphine dependence in mice. Iran. J. Basic Med. Sci. 10: 229-232.
16.Khan, W., Prithiviraj, B. and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiol. 160: 485-92.
17.Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A. and Mazrouk, B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Ind. Crop. Prod. 30: 372-379.
18.Lisar, S.Y.S., Motafakkerazad, R., Hossain, M.M. and Rahman, I.M.M. 2012. Water Stress in Plants: causes, effects and responses. P 1-14, In: I.M.M. Rahman (eds). Water Stress. In Tech Publications.
19.Nourzad, S., Ahmadian, A., Moghaddam, M. and Daneshfar, E. 2014. Effect of drought stress on yield, yield components and essential oil in coriander (*Coriandrum sativum* L.) treated with organic and inorganic fertilizers. J. Crop Improv. 2: 289-302. (In Persian)
20.Rahbarian, P. and Salehi Sardoei, A. 2014. Effects of drought stress and manure on herb yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*). 2th congress of Organic Agriculture, Ardabil, Pp: 212-217.
21.Rahimi, Z. and Kafi, M. 2009. Effects of drought stress on germination characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Environ. Stress Agric. Sci. 2: 87-91.
22.Rezapor, A.R., Heidari, M.R., Galavi, M. and Ramrod, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of sulfur fertilizer on grain yield, yield components and osmotic adjustment in Nigella sativa. Iran. J. Med. Aromat. Plant. 3: 53. 384-396. (In Persian)
23.Rinaldi, R., Amodio, M.L. and Colelli, G. 2010. Effect of temperature and exogenous ethylene on the physiological and quality traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves during storage. Postharvest Biol. Tec. 58: 147-156.
24.Setayesh-Mehr, Z. and Ganjali, A. 2013. Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of *Anethum* graveolens L. Iran. J. Hortic. Sci. 27: 1. 27-35.
25.Shirzad, S., Hosein, A. and Daliri, R. 2011. Influence of drought stress and interaction with salicylic acid on medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seedling growth. Bot. Res. J. 4: 35-40.
26.Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress. Plant Growth Regul. 39: 137-14.
27.Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M. and Redei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pretreatment. Acta Biomater. 46: 55-56.
28.Wang, X., Cai, X, Xu, C., Wang, Q. and Dai, S. 2016. Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics. Int. J. Mol. Sci. 17: 1-30.
29.Yeganehpoor, F., Zehtab-Salmasi, S., Shafagh-Kolvanagh, J., Ghassemi-Golezani, K. and Dastborhan, S. 2017. Some morphological traits and oil content of coriander seeds in response to bio-fertilizer and salicylic acid under water stress. J. Biodiv. Environ. Sci. 10: 1. 140-149.