

اثر محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر محتوای کلروفیل، نشت الکترولیت و رشد پیازهای دختری زعفران

مانی جباری^۱، مهدی خیاط^{۲*}، حمیدرضا فلاحی^۳ و علیرضا صمدزاده^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۴- عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

* نویسنده مسئول: [E-mail: mhdkhayat@birjand.ac.ir](mailto:mhdkhayat@birjand.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۴/۱۰

چکیده

تنش سرما که در برخی سال‌ها به‌طور طبیعی طی دوره رشد رویشی زعفران در زمستان رخ می‌دهد، می‌تواند رشد و گلدهی گیاه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی، مصرف ترکیبات هورمونی و غذایی می‌تواند بر تحمل نسبت به تنش‌های محیطی مؤثر باشد. به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر گیاه دارویی زعفران، آزمایشی طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ به‌صورت تجزیه مرکب و بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی سرایان (دانشگاه بیرجند) به اجرا در آمد. غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید (۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار بر لیتر) و نیترات پتاسیم (۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به همراه شاهد (آب مقطر) در دو زمان به صورت محلول‌پاشی به عنوان تیمار اعمال گردید. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a و نسبت کلروفیل a/b در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم به ترتیب با ۶/۹۳۵ و ۱۲۳/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر حاصل شد که با سطح ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین کلروفیل b در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید با ۱/۰۸۴۹ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد که با تیمار ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در تیمار محلول‌پاشی با آب مقطر (شاهد) کمترین کلروفیل a (۳/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۰/۳۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به دست آمد. مصرف تمام سطوح سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم، نشت الکترولیت‌ها را به‌طور نسبی کاهش داد؛ بطوری‌که بیشترین و کمترین مقدار این شاخص به‌ترتیب در شاهد (۳۴/۱ درصد) و محلول‌پاشی با غلظت ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید (۱۴/۴ درصد) مشاهده شد. افزون بر این، بالاترین مقدار وزن تر پیاز دختری (۳/۹۰ گرم)، تعداد برگ (۸ برگ در هر بوته) و طول برگ (۳۳/۸ سانتی‌متر) در سطح ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، به دست آمد. تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و پس از آن تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم بهترین شرایط را از نظر محتوای کلروفیل، رشد رویشی و رشد پیازهای دختری زعفران فراهم کردند. در مجموع، به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه، سبب کاهش اثرات منفی تنش سرما بواسطه کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها و نیز افزایش رشد پیازهای دختری و توسعه اندام فتوسنتز کننده گیاه دارویی زعفران می‌شوند که در نهایت، افزایش گلدهی را در پی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، قطر پیاز، گیاه دارویی، محتوای کلروفیل، نشت الکترولیت.

مقدمه

نقش آن در تنش‌های غیرزیستی مانند ازون (Koch et al., 2000)، اشعه ماوراء بنفش (Surplus et al., 1998)، تنش های دمایی (Clark et al., 2004)، خشکی (Singh & Usha, 2003) و شوری (Borsani et al., 2001) شده است. نتایج تمامی این پژوهش‌ها حاکی از تأثیر مثبت این ماده بر رشد گیاه در شرایط بروز تنش‌های محیطی می‌باشد. مطالعات نشان داده است که استفاده از اسید سالیسیلیک در گیاهان با تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک، باعث بهبود عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه می‌شود (Zhao et al., 1995). در مورد اثر سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد زعفران نیز جباری و همکاران (Jabbari et al., 2017) و انصاریان و همکاران (Ansarian et al., 2017)، بهبود رشد و عملکرد گیاه را در شرایط غوطه‌وری پیاز در غلظت دو میلی‌مولار مشاهده نمودند. نتایج بررسی امیریان و کارگر (Amirian & Kargar, 2016) روی اثر هورمون جیبرلین و وزن پیاز بر تولید گل و دیگر صفات اکوتیپ قاین گیاه زعفران نشان داد مصرف سطوح متوسط هورمون جیبرلین در پیازهای با وزن متوسط نتیجه بهتری دارد. با این وجود، محلول‌پاشی این ترکیب در زعفران تاکنون بررسی نشده است.

نیترا تپتاسیم یکی از ترکیبات دیگری است که با اهدافی مانند تأمین نیاز غذایی گیاه و یا القای گلدهی استفاده می‌شود. اریز (Erez, 1987) نشان داد کاربرد نیترا تپتاسیم ضمن فراهم کردن مواد غذایی به تأمین نیاز سرمایی بعضی از گونه‌های گیاهی کمک می‌کند. در مناطق نیمه‌گرمسیری که نیاز سرمایی گیاهان به خوبی تأمین نمی‌شود، استفاده از نیترا تپتاسیم به حد کافی جهت القاء مرحله گلدهی گزارش شده است (Oosthuysen, 1996). نیترا تپتاسیم به دلیل داشتن پتاسیم، یک ماده غذایی به شمار می‌آید. این عنصر پرمصرف در رشد و متابولیسم گیاهان تحت شرایط تنش‌های زیستی و غیرزیستی نقش ویژه و حیاتی دارد (Pettigrew, 2008). پتاسیم در فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین، فتوسنتز، حرکت روزنه‌ها، انتقال انرژی، تعادل کاتیونی-آنیونی و مقاومت در برابر تنش‌های محیطی نقش ضروری دارد (Marschner, 2012). افزون بر این، پتاسیم از شیوع پوسیدگی پیاز در گیاهان پیازدار جلوگیری می‌کند (Singh et al., 1997).

زعفران با نام علمی *Crocus sativus L.* گیاهی نرعیتم و چندساله از خانواده زنبق‌بوده که گونه زراعی نوع تریپلوئید ($2n=3x=24$) در کمربند آب و هوایی معتدل از اسپانیا در جنوب غرب اروپا تا ایران و هندوستان در آسیا گسترش یافته است (Jabbari et al., 2017). با این وجود، ایران بیش از ۹۰ درصد تولید جهانی این گیاه را به خود اختصاص داده است (Koochakzadeh & Karbasi, 2015).

در تمامی گیاهان راه اصلی جذب عناصر غذایی، سیستم گسترده ریشه‌ای در خاک بوده و جذب از طریق برگ‌ها یک راه کمکی برای جذب عناصر غذایی است. در خصوص گیاه زعفران به دلیل سطح برگ کم، زاویه‌دار بودن و مومی بودن سطح آن شاید جذب برگ از دیگر گیاهان کمتر باشد (Alvarez Orti et al., 2004). با این وجود، در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل بالا بودن pH از یک-طرف و از سویی دیگر، نبود آب در لایه‌های سطحی خاک، کاهش جذب عناصر غذایی پدیده‌ای متداول است. در چنین شرایطی محلول‌پاشی برگ‌ها بسیار مؤثرتر از افزودن مواد غذایی به خاک می‌باشد (Marschner, 2012).

تنظیم کننده‌های رشد نقش حیاتی در طی مراحل رشد و نمو گیاهان ایفاء می‌کنند و کاربرد آنها می‌تواند باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان شود (Trewavas, 1983). اسید سالیسیلیک با فرمول شیمیایی $C_7H_6O_3$ ترکیبی فنولی است که جزء شبه‌هورمون‌های گیاهی به شمار می‌آید و دارای اثراتی بر متابولیسم و بیوسنتز مواد و همچنین واکنش‌های اکسیداتیو و فعالیت‌های بیولوژیکی نظیر رشد و نمو، فتوسنتز، تنفس، جذب و انتقال یون‌ها، تغییر فعالیت برخی آنزیم‌های مهم و ساختار کلروپلاست می‌باشد (Borsani et al., 2001).

سالیسیلیک اسید در گیاهان مواجهه با تنش‌های زنده و غیرزنده نقش عمده‌ای در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در طی حیات گیاه دارد (Vicente & Plasencia, 2011). تحقیقات نشان داده که کاربرد سالیسیلیک اسید به صورت خارجی در گیاهان تحت تنش می‌تواند اثرات تخریبی ناشی از تنش‌ها را کاهش دهد و فرآیندهای رشد را سریعاً به حالت اول برگرداند (Misra & Saxena, 2009). اخیراً توجه زیادی به این شبه‌هورمون و

انجام شد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت و با توجه به وجود عامل سال، آنالیز آماری به صورت تجزیه مرکب صورت پذیرفت. غلظت‌های سالیسیلیک اسید (۵/۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار بر لیتر) و نترات پتاسیم (۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به همراه شاهد (آب مقطر) در دو زمان در طی رشد رویشی گیاه و زمانی که حدود ۵۰ درصد تاج‌پوشش گیاهی نهایی گیاه تشکیل شده بود، محلول‌پاشی گردید. مرحله اول در تاریخ ۹۳/۹/۲۵ و مرحله دوم در تاریخ ۹۳/۱۰/۱۳ در ساعت نه صبح (جهت کاهش اثرات برگ‌سوزی) در شرایط عدم وزش باد انجام گرفت. همچنین جهت رفع مشکل واکس بر روی برگ‌ها از مویان استفاده شد. قبل از آزمایش، برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌ای از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه شد (جدول ۱).

برای اجرای این تحقیق از مزرعه زعفرانی که در اوایل پاییز ۱۳۹۲ به صورت ردیفی و با تراکم ثابت ۱۰۰ بوته در متر مربع (فاصله روی ردیف و بین ردیف به ترتیب ۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و عمق حدود ۱۵ سانتی‌متر کاشته شده بود، استفاده شد. زمین مورد استفاده برای کاشت، در دو سال قبل از کاشت زعفران به کشت گندم اختصاص داده شده بود. جهت اعمال تیمارها کرت‌هایی به مساحت چهار مترمربع ایجاد شد. برای محلول‌پاشی از سم‌پاش دستی استفاده شد و در زمان اسپری کردن نازل آن در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری گیاه قرار داشت، به طوری که سطوح درونی و بیرونی برگ کاملاً اسپری شد.

در طی اجرای تحقیق، مزرعه بر طبق عرف منطقه در شش نوبت به صورت غرقابی آبیاری شد. وجین علف‌های هرز نیز در یک نوبت به صورت دستی انجام گرفت. میزان کلروفیل برگ‌ها به روش آرنون (Arnon, 1949) و میزان سبزی‌نگی برگ توسط دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502, Japan) تعیین شد. جهت تعیین پایداری غشاء سلول‌های برگ از شاخص نشت الکترولیت استفاده گردید.

در خاک‌های ایران به دلیل بارش کم و عدم آبیروی زیاد، انتظار می‌رود که میزان پتاسیم بالا باشد، اما عواملی مانند خاک با بافت شنی، ماده آلی کم، عدم مصرف کودهای پتاسیمی و کاشت متوالی و بدون آیش محصولات مختلف باعث تخلیه خاک از پتاسیم می‌شود (Malakouti et al., 2010). بنابراین، کمبود پتاسیم حتی در خاک‌های غنی از پتاسیم و بویژه در زمانی که برداشت از خاک قابل توجه باشد، بروز می‌کند و عملکرد گیاه حتی بدون نشانه‌های ظاهری کمبود ممکن است کاهش یابد. عنصر پتاسیم تحرک زیادی در خاک نسبت به فسفر دارد، اما میزان تحرک آن نسبت به نترات کمتر است و در خاک‌های سبک شنی کمبود آن مشاهده می‌شود (Hartmann et al., 1981).

کمبود پتاسیم موجب کاهش تعداد جوانه، کوتاه شدن ساقه گل‌دهنده، تأخیر در گلدهی در گیاهانی مانند گلابول، زردی عمومی در برگ‌های پیرتر و زردی متناوب در برگ‌های جوان‌تر می‌شود (Wilfret, 1980). کمبود این عنصر موجب ضعیف شدن ساقه و ریشه می‌گردد و گیاه به آسانی مورد حمله ریزجانداران پوسیدگی ریشه قرار می‌گیرد (Salisbury & Ross, 1992). تاکنون اثر مثبت استفاده از این ترکیب در افزایش رشد، تحریک گلدهی و بهبود وزن پیاز در گیاه گلابول توسط رمضان و همکاران (Ramazan et al., 2010) و ممون و همکاران (Memon et al., 2013) گزارش شده است. در پژوهشی روی زعفران گزارش شد که غوطه‌وری پیاز در غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم به ترتیب موجب افزایش ۱۹ و ۳۰ درصدی مقادیر قطر و متوسط وزن پیازهای دختری شد (Jabbari et al., 2017).

هدف از اجرای این تحقیق بررسی امکان بهبود رشد رویشی، پیاززایی و کاهش میزان خسارت سرمای زمستانه در گیاه زعفران از طریق مصرف برگ‌گی سالیسیلیک اسید و نترات پتاسیم بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی سرایان، با موقعیت جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۴۸۴ متر از سطح دریا

1. Surfactants
2. Electrolyte leakage

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۰-۲۵ سانتی‌متر)

بافت <i>Texture</i>	شاخص واکنش <i>pH</i>	هدایت الکتریکی <i>EC (dS.m⁻¹)</i>	ماده آلی <i>Organic matter (%)</i>	پتاسیم <i>K_{ava} (ppm)</i>	درصد نیتروژن کل <i>N_{total} (%)</i>	فسفر قابل دسترس <i>P_{ava} (ppm)</i>	درصد رطوبت اشباع <i>Saturation humidity (%)</i>
لومی-شنی <i>Loamy-sand</i>	7.76	2.9	0.32	220	0.016	2.07	35

گرم بر گرم وزن تر حاصل شد که با سطح ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان کلروفیل *b* نیز در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مقدار ۱/۰۸۴۹ میلی‌گرم بر گرم مشاهده شد که با تیمار یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید از نظر آماری اختلافی نداشت (جدول ۳).

سالیسیلیک اسید با ممانعت از فعالیت *ACC* اکسیداز و جلوگیری از تولید اتیلن و تنظیم عملکرد هورمون اسید آبسزیک از تخریب کلروفیل جلوگیری کرده و می‌تواند محتوای کلروفیل را بالا ببرد (Zamani et al., 2011). افزایش نسبت کلروفیل *a* به *b* به واسطه تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت نسبت کمتر فتوسیستم II به فتوسیستم I می‌باشد (Estill et al., 1991). مشابه با نتایج این آزمایش، سالیسیلیک اسید در گیاهانی از قبیل نخود (Popova et al., 2009)، اسفناج (Eraslan et al., 2008)، جو (El-Tayeb, 2005)، گندم (Agarwal et al., 2005)، کلزا (Ghai et al., 2002) و گوجه‌فرنگی (Tari et al., 2002) مقدار کلروفیل را افزایش داد. تمامی غلظت‌های سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم موجب افزایش نسبی مقدار سبزی‌نگی و کاهش معنی‌دار میزان نشت الکترولیت شدند. با این‌وجود، اختلافی بین سطوح مختلف این ترکیبات از جهت تأثیر بر پایداری غشا مشاهده نشد (جدول ۳). کاهش نشت الکترولیت در سطوح مختلف برگ‌پاشی در مقایسه با شاهد نشان می‌دهد که زعفران در اثر سرماهای زمستانه بواسطه مصرف سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم، آسیب کمتری دیده است. کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بسته به غلظت محلول می‌تواند دارای اثرات مثبت و منفی بر گیاهان باشد. غلظت‌های بالاتر از آستانه تحمل سالیسیلیک اسید در گیاهان، سبب ایجاد اختلال شده و اثر بازدارندگی بر رشد و نمو گیاهان دارد (Shi et al., 2006). نتایج این آزمایش مبنی بر تأثیر مثبت

در نیمه خرداد ماه زمانی که پیازهای دختری در خواب حقیقی بودند از ردیف‌های میانی هر کرت، پنج بوته به‌طور تصادفی از خاک خارج و جهت ارزیابی به آزمایشگاه منتقل شد. در این مرحله پیازهای دختری به چهار گروه وزنی ریز (۱-۳ گرم)، متوسط (۳-۶ گرم)، درشت (۶-۹ گرم) و خیلی درشت (بالتر از ۹ گرم) تقسیم شدند. همچنین پیازها بر اساس قطر به چهار گروه ریز (کمتر از یک سانتی‌متر)، متوسط (۲-۱ سانتی‌متر)، درشت (۳-۲ سانتی‌متر) و خیلی درشت (بالتر از سه سانتی‌متر) تقسیم شدند. در هر یک از گروه‌های وزنی و قطری تعداد پیازها شمارش شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصله با استفاده از نرم‌افزارهای آماری *GenStat (ver. 14)* و *SPSS (ver. 18)* انجام شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حفاظت شده^۱ (*FLSD*) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. همچنین همبستگی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل، میزان سبزی‌نگی و نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سال بر تمامی صفات بیوشیمیایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمار در سال نیز بر نسبت کلروفیل *a/b* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). میزان این شاخص در سال اول و در تیمار برگ‌پاشی با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم و دو میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید در بالاترین میزان قرار داشت.

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین کلروفیل *a* و نسبت کلروفیل *a/b* در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم به ترتیب به مقدار ۶/۹۳۵ و ۱۲۳/۶۴ میلی-

1. Fisher's Least Significant Difference

نترات پتاسیم بر کلروفیل و فعالیت فتوسنتزی گیاه زعفران با یافته‌های دیگر محققین مطابقت دارد.

جدول ۲. آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر برگ پاشی با سالیسیلیک اسید و نترات پتاسیم بر محتوای کلروفیل و نشت الکترولیت در زعفران

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as leaf spraying on chlorophyll content and electrolyte leakage of saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی Df	میزان سبزی‌نگی برگ SPAD reading	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کلروفیل کل Total Chlorophyll
بلوک Block	3	29.23 ^{ns}	80.90 ^{ns}	7.807 ^{ns}	0.22 ^{ns}	4295 ^{ns}	0.047 ^{ns}
سال Year	1	713.07 ^{**}	608.28 ^{**}	643.48 ^{**}	13.89 ^{**}	2031 ^{**}	3.82 ^{**}
بلوک×سال Block×Year	3	4.62 ^{ns}	11.88 ^{ns}	6.99 [*]	0.19 ^{ns}	925 ^{ns}	0.039 [*]
تیمار Treatment	6	24.70 ^{ns}	240.8 ^{ns}	12.21 ^{**}	0.79 ^{**}	19887 ^{**}	0.023 ^{ns}
تیمار×سال Treatment×year	6	14.47 ^{ns}	28.21 ^{ns}	1.64 ^{ns}	0.106 ^{ns}	10743 ^{**}	0.012 ^{ns}
خطا Error	36	20.09	51.48	1.65	0.17	3117	0.0107

ns, ** and *: are non-significant and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

می‌توان نتیجه گرفت که حفظ غلظت کلروفیل در شرایط دشوار محیطی، به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک کرده و سبب کاهش خسارت‌های وارده به گیاه در شرایط تنش می‌گردد. توانایی اسید سالیسیلیک در محافظت از گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی قرار دارند، به آغازش مجموعه‌ای از پیام‌های متوالی که منجر به بیان ژن‌های مسئول محافظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی می‌گردد، مرتبط می‌باشد (Dat et al., 1998). در دومین چرخه زندگی گیاه زعفران مقدار سبزی‌نگی و محتوای کلروفیل برگ بالاتر از سال اول رشد بود (جدول ۳). این موضوع می‌تواند ناشی از سومندی ترکیبات محلول-پاشی شده در سال اول باشد که اثرات خود را در سال دوم رشد گیاه بیشتر نشان داده‌اند.

مندل و همکاران (Mandal et al., 2008) گزارش دادند که محتوای کلروفیل برگ و فتوسنتز خالص گیاه اسفرزه توسط تیمارهای نیتروژن (یکی از عناصر موجود در نترات پتاسیم) افزایش می‌یابد. بنا به گزارش لهو و همکاران (Lehr et al., 1962) نیتروژن یکی از فاکتورهای مؤثر در تشکیل کلروفیل است. آنها در بررسی اثر نیتروژن بر محتوای کلروفیل برگ پیاز نتایج مشابهی بدست آورده و گزارش کردند که با افزایش کود نیتروژنه تغییرات معنی‌داری در میزان کلروفیل ایجاد می‌شود. میزان کلروفیل در گیاهان یکی از فاکتورهای مهم در حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang & Huang, 2001). ال‌طیب (EL-Tayeb, 2005) افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل گیاه را در شرایط محلول پاشی با سالیسیلیک اسید گزارش کرده و نتیجه این امر را افزایش سرعت فتوسنتز دانسته است.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر محتوای کلروفیل و نشت الکترولیت در زعفران

Table 3. Mean comparisons for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on chlorophyll content and electrolyte leakage in saffron

تیمار Treatment	میزان سبزی‌بندی برگ SPAD reading	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g ⁻¹ FW)	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	11.58 ^{a*}	34.79 ^a	3.59 ^d	0.56 ^c	6.36 ^c	0.309 ^a
۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	12.98 ^a	20.15 ^b	4.62 ^{cd}	0.53 ^c	8.98 ^c	0.406 ^a
۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	13.93 ^a	20.43 ^b	5.57 ^{bc}	0.42 ^c	13.65 ^b	0.388 ^a
۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	15.12 ^a	21.15 ^b	6.93 ^a	0.39 ^c	17.64 ^a	0.468 ^a
۰/۵ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	15.57 ^a	23.04 ^b	4.28 ^{cd}	1.08 ^a	3.10 ^c	0.379 ^a
۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	15.99 ^a	20.13 ^b	4.10 ^d	1.02 ^a	4.23 ^c	0.362 ^a
۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	16.40 ^a	19.01 ^b	6.29 ^{ab}	0.59 ^{bc}	10.81 ^{bc}	0.451 ^a
سال اول First year	11.85 ^a	19.38 ^a	1.68 ^a	0.29 ^a	5.79 ^a	0.13 ^a
سال دوم Second year	16.04 ^a	25.97 ^a	8.43 ^a	1.28 ^a	6.57 ^b	0.65 ^a

FW: Fresh weight

FW: Fresh weight

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

*In each column, mean followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر محتوای کلروفیل و نشت الکترولیت در زعفران

Table 4. Mean comparisons for the interaction effect of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on chlorophyll content and electrolyte leakage in saffron during two years

سال Year	تیمار Treatment	میزان سبزی‌بندی برگ SPAD reading	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹ FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g ⁻¹ FW)	نسبت کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹ FW)
اول First	آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	10.85 ^{a*}	34.17 ^a	0.60 ^a	0.38 ^a	1.6 ^b	0.06 ^a
	۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	11.89 ^a	18.39 ^a	0.51 ^a	0.44 ^a	1.1 ^b	0.07 ^a
	۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	12.13 ^a	17.11 ^a	2.52 ^a	0.05 ^a	50.8 ^b	0.16 ^a

		ادامه جدول ۴					
دوم Second	۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	12.84 ^a	16.46 ^a	4.06 ^a	0.03 ^a	20.9 ^a	0.25 ^a
	۰/۵ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	14.15 ^a	18.15 ^a	0.68 ^a	0.51 ^a	1.3 ^b	0.09 ^a
	۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	13.26 ^a	14.43 ^a	0.84 ^a	0.55 ^a	1.5 ^b	0.11 ^a
	۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	13.66 ^a	16.90 ^a	2.58 ^a	0.04 ^a	64.5 ^a	0.16 ^a
	آب مقطر (شاهد) <i>Distilled water (Control)</i>	15.65 ^a	35.42 ^a	6.59 ^a	1.34 ^a	4.9 ^a	0.54 ^a
	۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>250 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	14.98 ^a	21.90 ^a	8.75 ^a	1.82 ^a	4.9 ^a	0.73 ^a
	۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>500 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	15.95 ^a	23.75 ^a	8.63 ^a	0.79 ^a	10.91 ^a	0.61 ^a
	۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	16.95 ^a	25.83 ^a	9.81 ^a	0.75 ^a	13.08 ^a	0.68 ^a
	۰/۵ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	17.88 ^a	27.92 ^a	7.88 ^a	1.65 ^a	4.9 ^a	0.66 ^a
	۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	17.10 ^a	25.83 ^a	7.37 ^a	1.49 ^a	4.9 ^a	0.61 ^a
	۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	17.98 ^a	21.11 ^a	10.01 ^a	1.14 ^a	8.78 ^a	0.73 ^a

FW: وزن تر

FW: Fresh weight

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, mean followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level.

دارای قطر ۱-۲ سانتی‌متر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل تیمار در سال بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد (جدول ۵).

خصوصیات رشدی پیازهای دختری زعفران نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سال بر تمامی صفات مربوط به رشد پیازهای دختری زعفران به جز متوسط قطر پیاز دختری معنی‌دار بود. اثر اصلی تیمار نیز بر قطر پیاز دختری در سطح احتمال یک درصد و بر تعداد پیاز

جدول ۵. آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر برگ‌پاشی نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر صفات مرتبط با رشد پیازهای دختری در زعفران

Table 5. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on daughter corms of saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد پیاز با قطر بزرگتر از ۳ سانتی‌متر Corms number in category of more than 3cm	تعداد پیاز با قطر ۲-۳ سانتی‌متر Corms number in category of 2-3cm diameter	تعداد پیاز با قطر ۱-۲ سانتی‌متر Corms number in category of 1-2 cm diameter
بلوک Block	3	2.208 ^{ns}	17.33 ^{ns}	0.92 ^{ns}
سال Year	1	111.46 ^{**}	68.64 [*]	1179.45 ^{**}
بلوک×سال Block×Year	3	2.208 ^{ns}	13.40 ^{ns}	115.31 [*]
تیمار Treatment	6	3.16 ^{ns}	7.20 ^{ns}	103.28 [*]
تیمار×سال Treatment×Year	6	1.53 ^{ns}	23.98 ^{ns}	33.28 ^{ns}
خطا Error	36	3.19	12.55	33.12

ns, **, * و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.
ns, **, * and *: are non-significant and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ۵. ادامه

Table 5. Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد پیاز با قطر کمتر از ۱ سانتی‌متر Corms number in category of less than 1cm diameter	تعداد پیاز در بوته Number of corms per plant	متوسط قطر پیاز دختری Mean diameter of daughter corm
بلوک Block	3	68.69 ^{ns}	81.92 ^{ns}	7.56 ^{ns}
سال Year	1	171.50 [*]	3379.02 ^{**}	16.24 ^{ns}
بلوک×سال Block×Year	3	122.02 [*]	448.07 ^{**}	5.33 ^{ns}
تیمار Treatment	6	60.64 ^{ns}	126.48 ^{ns}	20.67 ^{**}
تیمار×سال Treatment×Year	6	60.92 ^{ns}	78.39 ^{ns}	5.63 ^{ns}
خطا Error	36	31.84	55.30	4.49

ns, **, * و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.
ns, **, * and *: are non-significant and significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر برگ پاشی با نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر صفات پیازهای دختری در زعفران

Table 6. Mean comparisons for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on daughter corms traits of saffron

تیمار Treatment	تعداد پیاز با قطر بزرگتر از ۳ سانتی متر Corms number in category of more than 3cm per plant	تعداد پیاز با قطر ۲-۳ سانتی متر Corms number in category of 2-3cm diameter per plant	تعداد پیاز با قطر ۱-۲ سانتی متر Corms number in category of 1-2 cm diameter per plant
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	0.37 ^a	1.7 ^a	2.42 ^b
۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	0.45 ^a	1.65 ^a	2.37 ^b
۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	0.4 ^a	1.85 ^a	2.52 ^b
۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	0.5 ^a	2.12 ^a	3.82 ^a
۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	0.25 ^a	1.42 ^a	3.27 ^{ab}
۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	0.15 ^a	1.57 ^a	3.7 ^a
۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	0.25 ^a	1.65 ^a	4.05 ^a
سال اول First year	3.11 ^a	9.54 ^a	20.43 ^a
سال دوم Second year	0.29 ^a	7.32 ^a	11.25 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار

* In each column, mean followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

تیمار Treatment	تعداد پیاز با قطر کمتر از ۱ سانتی متر Corms number in category of less than 1cm diameter per plant	تعداد پیاز در هر بوته Number of corms per plant	متوسط قطر پیاز دختری Mean diameter of daughter corm (mm)
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	1.12 ^{a*}	33 ^a	12.58 ^c
۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	1.65 ^a	31.62 ^a	14.36 ^{bc}
۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	1.57 ^a	35.75 ^a	13.58 ^c
۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	2.62 ^a	42.38 ^a	16.61 ^a
۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	2.25 ^a	36 ^a	13.31 ^c
۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	1.2 ^a	33 ^a	13.30 ^c
۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	2.22 ^a	40.12 ^a	16.47 ^{ab}

ادامه جدول ۶			
سال اول First year	10.64 ^a	43.75 ^a	13.78 ^a
سال دوم Second year	7.14 ^a	28.21 ^a	14.85 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, mean followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر برگ‌پاشی نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید در طی دو سال بر صفات مرتبط با رشد پیازهای دختری در زعفران

Table 7. Mean comparisons for the effect of salicylic acid and potassium nitrate as spraying during two years on daughter corms traits of saffron

سال Year	تیمار Treatment	تعداد پیاز با قطر بزرگتر از ۳ سانتی‌متر Corms number in category of more than 3cm per plant	تعداد پیاز با قطر ۲-۳ سانتی‌متر Corms number in category of 2-3cm diameter per plant	تعداد پیاز با قطر ۱-۲ سانتی‌متر Corms number in category of 1-2 cm diameter per plant
سال اول First year	آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	3.5 ^{a*}	7.25 ^a	19 ^a
	۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	3.75 ^a	10 ^a	14.5 ^a
	۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	3.75 ^a	10.25 ^a	20 ^a
	۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	4.5 ^a	12.5 ^a	23.5 ^a
	۰/۵ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	2.25 ^a	8.25 ^a	21 ^a
	۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	1.5 ^a	10.25 ^a	23 ^a
	۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	2.5 ^a	8.25 ^a	22 ^a
سال دوم Second year	آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	0.25 ^a	9.75 ^a	5.25 ^a
	۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	0.75 ^a	6.5 ^a	9.25 ^a
	۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	0.25 ^a	10.25 ^a	5.25 ^a
	۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	0.5 ^a	4.75 ^a	14.75 ^a
	۰/۵ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	0.25 ^a	6 ^a	11.75 ^a
	۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	0.22 ^a	5.5 ^a	14 ^a
	۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	0.22 ^a	8.5 ^a	18.5 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, mean followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level.

Table 7. Continued

سال Year	تیمار Treatment	تعداد پیاز با قطر کمتر از ۱ سانتی متر Corms number in category of less than 1cm diameter per plant	تعداد پیاز در هر بوته Number of corms per plant	متوسط قطر پیاز دختری Mean diameter of daughter corm (mm)
سال اول First year	آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	6 ^{a*}	36 ^a	11.35 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	7.25 ^a	35.5 ^a	13.71 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	10.5 ^a	44.5 ^a	13.97 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	11.5 ^a	52 ^a	17.38 ^a
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	16 ^a	47.5 ^a	11.75 ^a
	۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	7.5 ^a	42.25 ^a	12.43 ^a
	۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	16.75 ^a	48.5 ^a	15.85 ^a
سال دوم Second year	آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	5.25 ^a	30 ^a	13.82 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	9.25 ^a	27.75 ^a	15.01 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	5.25 ^a	27 ^a	13.19 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	14.75 ^a	32.75 ^a	15.84 ^a
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	6.5 ^a	24.5 ^a	14.87 ^a
	۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	4.5 ^a	23.75 ^a	14.16 ^a
	۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	4.5 ^a	31.75 ^a	17.10 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* In each column, mean followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on LSD test.

سالیسیلیک اسید اختلاف معنی‌دار نداشت. تعداد پیازهای دارای قطر کمتر از ۱، ۲ تا ۳ و بیش از ۳ سانتی‌متر با افزایش غلظت تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری از نظر آماری نشان نداد (جدول ۷). رمضان و همکاران (Ramzan et al., 2010) گزارش کردند که محلول سه درصد نترات

مقایسه میانگین صفات قطر پیازهای دختری زعفران نشان داد که بیشترین قطر پیاز دختری و تعداد پیازهای دارای قطر ۱ تا ۲ سانتی‌متر در تیمار ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم به ترتیب به مقدار ۱۶/۶۱ میلی‌متر و ۱۹/۱۲ عدد در هر بوته بدست آمد که با سطح ۲ میلی‌مولار

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۸) نشان داد که اثر اصلی سال بر تمامی صفات مربوط به وزن پیاز زعفران به جز مجموع وزن تر پیازهای ۳ تا ۶ گرم معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمار در سال نیز بر مجموع وزن تر پیازهای ۶ تا ۹ گرم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد.

پتاسیم در پیاز گلابول موجب افزایش قطر پیاز به مقدار ۹/۴۹ میلی‌متر گردید. جباری و همکاران (Jabbari et al., 2017) نیز اثرات مثبت غوطه‌وری پیازهای زعفران در محلول‌های نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید را بر بهبود رشد پیازهای دختری زعفران مثبت ارزیابی کرده‌اند.

جدول ۸. آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر برگ‌پاشی با نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر عملکرد پیاز زعفران در گروه‌های وزنی مختلف

Table 8. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on corm yield of saffron in different weight categories

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	مجموع وزن تر پیازهای بیش از ۹ گرم Total fresh weight of daughter corms with >9 g weight	مجموع وزن تر پیازهای ۶-۹ گرم Total fresh weight of daughter corms with 6-9 g weight	مجموع وزن تر پیازهای ۳-۶ گرم Total fresh weight of daughter corms with 3-6 g weight	مجموع وزن تر پیازهای ۰-۳ گرم Total fresh weight of daughter corms with 0-3 g weight	متوسط وزن تر پیاز دختری Mean fresh weight of daughter corms
بلوک Block	3	1.28 ^{ns}	9.97 ^{ns}	7.73 ^{ns}	61.02 ^{ns}	0.083 ^{ns}
سال Year	1	200.64 ^{**}	23.14 [*]	5.16 ^{ns}	1301.7 ^{**}	2.99 [*]
بلوک×سال Block×Year	3	4.11 ^{ns}	3.23 ^{ns}	39.20 ^{**}	264.64 [*]	0.66 ^{ns}
تیمار Treatment	6	10.70 ^{ns}	8.16 ^{ns}	10.78 ^{ns}	142.31 ^{ns}	4.18 ^{**}
تیمار×سال Treatment×Year	6	5.31 ^{ns}	11.85 [*]	14.99 ^{ns}	75.54 ^{ns}	0.88 ^{ns}
خطا Error	36	5.07	4.09	6.94	61.54	0.54

ns, ** و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد
ns, ** and *: are non- significant and significant at 1 and 5% probability level, respectively.

هورمون‌های اکسین و سیتوکنین (Shakirova et al., 2003) موجب تحریک تقسیم سلولی و در نتیجه افزایش وزن پیاز شده است.

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان متوسط وزن هر پیاز دختری در تیمار ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید به مقدار ۳/۹ گرم مشاهده شد. در خصوص سایر صفات مربوط به وزن پیاز زعفران نیز با افزایش غلظت تیمارها، روندی افزایشی مشاهده شد که البته از نظر آماری اختلافات معنی‌دار نبود (جدول ۹). به نظر می‌رسد برگ-پاشی سالیسیلیک اسید با تغییر تعادل هورمونی و افزایش

جدول ۹. مقایسه میانگین اثر برگ‌پاشی با نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر عملکرد پیاز زعفران در گروه‌های وزنی مختلف

Table 9. Mean comparisons for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on corm yield of saffron in different weight categories

تیمار Treatment	مجموع وزن تر پیازهای بیشتر از ۹ گرم Total fresh weight of daughter corms with >9 g weight	مجموع وزن تر پیازهای ۶-۹ گرم Total fresh weight of daughter corms with 6- 9 g weight	مجموع وزن تر پیازهای ۳-۶ گرم Total fresh weight of daughter corms with 3-6 g weight
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	3.88 ^{a*}	3.38 ^a	7.38 ^a
۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	4 ^a	4.25 ^a	4.62 ^a
۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	2.88 ^a	5 ^a	6.38 ^a
۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	4.25 ^a	2.75 ^a	7.02 ^a
۰/۵ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	1.87 ^a	2.75 ^a	5.75 ^a
۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	1.25 ^a	3.12 ^a	7 ^a
۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	2.38 ^a	2 ^a	7.88 ^a
سال اول First year	4.82 ^a	3.96 ^a	6.96 ^a
سال دوم Second year	1.04 ^a	2.68 ^b	6.36 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

*In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۹. ادامه

Table 9. Continued

تیمار Treatment	مجموع وزن تر پیازهای ۰ تا ۳ گرم Total fresh weight of daughter corms with 0-3 g weight	متوسط وزن تر پیاز دختری Mean weight of daughter corms (g)
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	17.4 ^{a*}	1.86 ^d
۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	18.8 ^a	2.56 ^{bcd}
۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	21.4 ^a	2.63 ^{bc}
۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	27.8 ^a	2.99 ^b

ادامه جدول ۹		
۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	25.5 ^a	2.13 ^{cd}
۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	21.6 ^a	1.87 ^d
۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	27.9 ^a	2.9 ^a
سال اول <i>First year</i>	27.7 ^a	3.56 ^a
سال دوم <i>Second year</i>	18.1 ^a	3.2 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون *LSD* دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

*In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on *LSD* test.

جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثر برگ‌پاشی با نیترات پتاسیم و سالیسیلیک اسید بر عملکرد پیاز زعفران در گروه‌های وزنی مختلف در طی دو سال آزمایش

Table 10. Mean comparisons for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on corm yield of saffron in different weight categories during two years

سال <i>Year</i>	تیمار <i>Treatment</i>	مجموع وزن تر پیازهای بیشتر از ۹ گرم <i>Total fresh weight of daughter corms with >9 g weight</i>	مجموع وزن تر پیازهای ۶-۹ گرم <i>Total fresh weight of daughter corms with 6-9 g weight</i>
اول <i>First year</i>	آب مقطر (شاهد) <i>Distilled water (Control)</i>	6.25 ^{a*}	2.75 ^b
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>250 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	6.25 ^a	6 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>500 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	5.25 ^a	3.75 ^b
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	7.25 ^a	3.75 ^b
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	3.25 ^a	3.75 ^b
	۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	2 ^a	5.25 ^a
	۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	3.5 ^a	2.5 ^b
دوم <i>Second</i>	آب مقطر (شاهد) <i>Distilled water (Control)</i>	1.5 ^a	4 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>250 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	1.78 ^a	2.5 ^b
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>500 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	0.5 ^a	6.25 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	1.25 ^a	1.75 ^b

ادامه جدول ۱۰		
۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	0.5 ^a	1.75 ^b
۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	0.5 ^a	1 ^b
۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	1.25 ^a	1.5 ^b

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی دار نمی-باشند.

*In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on

جدول ۱۰. ادامه

Table 10. Continued

سال Year	تیمار Treatment	مجموع وزن تر پیازه‌های ۳ تا ۶ گرم Total fresh weight of daughter corms with 3-6 g weight	مجموع وزن تر پیازه‌های ۰-۳ گرم Total fresh weight of daughter corms with 0- 3 g weight	متوسط وزن تر پیاز دختری Mean weight of daughter corms (g)
اول First	آب مقطر (شاهد) <i>Distilled water (Control)</i>	5.75 ^{a*}	19.7 ^a	4.9 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>250 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	4.5 ^a	18.7 ^a	4.25 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>500 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	7.5 ^a	28 ^a	4.21 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	9.25 ^a	31.7 ^a	3.49 ^a
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	6 ^a	34.2 ^a	2.65 ^a
	۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	9 ^a	26 ^a	2.68 ^a
	۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	6.75 ^a	35.5 ^a	2.73 ^a
دوم Second	آب مقطر (شاهد) <i>Distilled water (Control)</i>	9 ^a	15 ^a	3.64 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>250 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	4.75 ^a	18.7 ^a	3.39 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>500 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	5.25 ^a	14.8 ^a	3.56 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	6 ^a	23.8 ^a	2.84 ^a
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	5.5 ^a	16.8 ^a	3.09 ^a

ادامه جدول ۱۰			
۱ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	5 ^a	17.2 ^a	2.79 ^a
۲ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	9 ^a	20.2 ^a	3.09 ^a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
*In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on LSD test.

تعداد و طول برگ زعفران

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، تیمار و نیز اثر زعفران شامل طول و تعداد برگ در هر بوته معنی‌دار بود (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. آنالیز واریانس (میانگین مربعات) اثر برگ‌پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر تعداد و طول برگ در زعفران

Table 11. Analysis of variance (mean of squares) for effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on leaf number and leaf length in saffron

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد برگ Number of leaves	طول برگ Leaf length
بلوک Block	3	1.49 ^{ns}	39.28 ^{ns}
سال Year	1	9.44*	271.4**
بلوک×سال Block×Year	3	0.30 ^{ns}	17.47 ^{ns}
تیمار Treatment	6	9.86**	76.55**
تیمار×سال Treatment×Year	6	3.65 ^{ns}	23.72 ^{ns}
خطا Error	36	1.91	20.40

ns, ** و *: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, ** and *: are non- significant and significant at 1 and 5% probability level, respectively.

خصوصیات رشدی زعفران شود (Hassanzadeh Aval & Mahlouji Rad, 2013; Khorasani et al., 2013). جباری و همکاران (Jabbari et al., 2017) اثرات پیش- تیمار پیاز زعفران با غلظت ۲ میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم را بر رشد برگ و انصاریان و همکاران (Ansarian et al., 2017) اثر غوطه- وری پیاز در غلظت دو میلی‌مولار سالیسیلیک اسید را بر گلدهی زعفران مفید ارزیابی کرده‌اند.

نتایج مقایسه میانگین‌های طول و تعداد برگ زعفران نشان داد که بیشترین میزان این صفات در تیمارهای ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم بدست آمد (جدول ۱۲). اکبریان و همکاران (Akbarian et al., 2012) نیز در آزمایشی دو ساله بر روی زعفران عنوان نمودند که با دو بار محلول‌پاشی برگی عناصر پتاسیم، روی و آهن، طول برگ نسبت به تیمار بدون برگ‌پاشی افزایش یافت. در حالی که سایر محققان نتیجه گرفتند که محلول- پاشی عناصر غذایی نتوانست سبب بروز تأثیرات مثبت در

جدول ۱۲. مقایسه میانگین اثر برگ پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر تعداد و طول برگ در زعفران
 Table 12. Mean comparisons for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on leaf number and leaf length in saffron

تیمار Treatments	تعداد برگ در هر بوته Number of leaves per plant	طول برگ Leaf length (cm)
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	5.62 ^{bc*}	27.81 ^c
۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	5.25 ^c	29.62 ^b
۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	5.5 ^{bc}	28.21 ^{bc}
۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	6.75 ^{ab}	36 ^a
۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	4.75 ^c	28.62 ^{bc}
۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	5.62 ^{bc}	28.62 ^{bc}
۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 2 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	8 ^a	33.81 ^a
سال اول First year	5.54 ^a	33.59 ^a
سال دوم Second year	6.36 ^a	29.19 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند.
 *In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۱۳. مقایسه میانگین اثر برگ پاشی با سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم بر تعداد و طول برگ در گیاه زعفران در طی دو سال آزمایش

Table 12. Mean comparisons for the effects of salicylic acid and potassium nitrate as spraying on leaf number and length in saffron during two studied years

سال Year	تیمار Treatment	تعداد برگ در هر بوته Number of leaves per plant	طول برگ Leaf length (cm)
اول First	آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	5.75 ^{a*}	29.25 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 250 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	5 ^a	34.62 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 500 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	4.75 ^a	36.62 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم 1000 mg.l ⁻¹ Potassium nitrate	7.5 ^a	39.5 ^a
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 0.5 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	3.25 ^a	32.25 ^a
	۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید 1 mM.l ⁻¹ Salicylic acid	5 ^a	28.25 ^a

		ادامه جدول ۱۳	
دوم Second	۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	7.5 ^a	34.62 ^a
	آب مقطر (شاهد) <i>Distilled water (Control)</i>	5.5 ^a	26.38 ^a
	۲۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>250 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	5.5 ^a	30.62 ^a
	۵۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>500 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	6.25 ^a	27.80 ^a
	۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم <i>1000 mg.l⁻¹ Potassium nitrate</i>	6.25 ^a	32.50 ^a
	۰/۵ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>0.5 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	6.25 ^a	25 ^a
	۱ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>1 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	6.25 ^a	29 ^a
	۲ میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید <i>2 mM.l⁻¹ Salicylic acid</i>	8.5 ^a	33 ^a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.
*In each column, means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on LSD test.

ضرایب همبستگی

ضریب همبستگی بین دو متغیر، شدت رابطی خطی بین آن دو متغیر را نشان می‌دهد و بین +۱ و -۱ متغیر است. عدم وجود همبستگی دلیل بر عدم وجود رابطه نمی‌باشد. لذا در برخی موارد که اندازه‌گیری یک صفت پرهزینه، پیچیده، زمان‌بر و مشکل است می‌توان از صفات دیگر که همبستگی‌های معنی‌دار بالایی با صفت مزبور دارند، برای اندازه‌گیری غیرمستقیم آن صفات استفاده کرد. نتایج ضرایب همبستگی دلالت بر آن داشت (جدول ۱۴) که بین قطر با وزن تر ($r=0/71^{**}$) و تعداد برگ پیاز دختری ($r=0/40^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. طول برگ ($r=0/47^{**}$)، تعداد پیاز دختری ($r=0/54^{**}$)، مجموع وزن تر پیازهای زیر ۳ گرم ($r=0/39^{**}$)، وزن تر پیازهای بزرگتر از ۹ گرم ($r=0/58^{**}$)، تعداد پیازهای با قطر ۱-۳ سانتی‌متر ($r=0/56^{**}$) و تعداد پیازهای با قطر بزرگتر از ۳ سانتی‌متر ($r=0/62^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند که با نتایج برخی از محققین مطابقت دارد (Amirshekari et al., 2008). میزان سبزیگی برگ (SPAD) با کلروفیل *a* ($r=0/46^{**}$) و *b* ($r=0/40^{**}$) و کلروفیل کل ($r=0/45^{**}$)

همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. این موضوع نشان می‌دهد که می‌توان در گیاه زعفران از SPAD، به عنوان شاخصی از محتوای کلروفیل برگ بهره گرفت. کلروفیل *a* با کلروفیل *b* ($r=0/97^{**}$) و کلروفیل کل ($r=0/99^{**}$) و همچنین کلروفیل *b* با کلروفیل کل ($r=0/98^{**}$) و تعداد پیاز دختری دارای وزن کمتر از ۳ گرم ($r=0/90^{**}$) قویترین همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. مجموع وزن تر پیازهای کمتر از ۳ گرم با تعداد پیازهای با قطر کمتر از ۱ و ۱-۲ سانتی‌متر ($r=0/78^{**}$) و وزن تر پیازهای ۳-۶ گرم با تعداد پیاز با قطر ۱-۲ سانتی‌متر ($r=0/37^{**}$) و تعداد پیاز با قطر ۲-۳ سانتی‌متر ($r=0/44^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. مجموع وزن تر پیازهای ۶-۹ گرم با تعداد پیازهای دارای قطر ۳-۲ سانتی‌متر ($r=0/72^{**}$) و وزن تر پیازهای بیشتر از ۹ گرم با تعداد پیازهای دارای قطر ۲-۳ سانتی‌متر ($r=0/26^{**}$) و پیازهای با قطر بیش از ۳ سانتی‌متر ($r=0/88^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت که با نتایج نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) مطابقت دارد.

جدول ۱۴. ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه در گیاه زعفران

Table 14. Correlation coefficients between different studied traits in saffron

صفات Traits	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂	V ₁₃	V ₁₄	V ₁₅	V ₁₆	V ₁₇	V ₁₈	V ₁₉	
V ₁	1																			
V ₂	0.71**	1																		
V ₃	0.22	0.49**	1																	
V ₄	0.40**	0.18	-0.24*	1																
V ₅	0.06	-0.19	-0.29*	0.16	1															
V ₆	0.35**	-0.13	-0.43**	0.38**	0.46**	1														
V ₇	0.31*	-0.15	-0.37**	0.36**	0.40**	0.97**	1													
V ₈	0.34**	-0.13	-0.42**	0.38**	0.45**	0.99**	0.98**	1												
V ₉	0.12	-0.15	-0.30*	0.21	0.23	0.41**	0.33**	0.40**	1											
V ₁₀	0.41**	-0.06	-0.44**	0.35**	0.53**	0.91**	0.80**	0.89**	0.51**	1										
V ₁₁	-0.19	0.16	0.27*	-0.27*	-0.43**	-0.53**	-0.49**	-0.53**	-0.40**	-0.57**	1									
V ₁₂	-0.11	0.21	0.20	-0.23	-0.31*	-0.38**	-0.36**	-0.38**	-0.35**	-0.40**	0.90**	1								
V ₁₃	-0.09	-0.10	-0.04	0.03	-0.07	-0.01	0.04	-0.04	-0.09	0.10	0.44**	0.23	1							
V ₁₄	-0.03	0.05	0.04	-0.14	-0.25*	-0.23	-0.24*	-0.24	-0.07	-0.19	0.12	-0.10	-0.06	1						
V ₁₅	-0.23	0.05	0.43**	-0.18	-0.36**	-0.61**	-0.56**	-0.60**	-0.31	-0.62**	0.37**	0.09	0.06	0.10	1					
V ₁₆	-0.08	0.05	0.10	-0.25*	-0.17	-0.18	-0.19	-0.18	-0.14	-0.18	0.69**	0.78**	0.11	-0.09	0.05	1				
V ₁₇	-0.16	0.23	0.26*	-0.19	-0.39**	-0.45**	-0.39**	-0.44**	-0.37**	-0.54**	0.78**	0.78**	0.37**	-0.15	0.19	0.43**	1			
V ₁₈	-0.14	-0.05	0.09	-0.03	-0.31*	-0.22	-0.18	-0.21	0.05	-0.24	0.34**	0.02	0.44**	0.72**	0.26*	-0.08	0.08	1		
V ₁₉	-0.20	0.10	0.48**	-0.25*	-0.30*	-0.59**	-0.54**	-0.59**	-0.32**	-0.61**	0.38**	0.15	0.11	0.06	0.88**	0.24	0.24	0.14	1	

** و *: به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد

** and *: are significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

V₁: قطر پیاز دختری، V₂: وزن تر پیاز دختری، V₃: طول برگ، V₄: تعداد برگ، V₅: SPAD، V₆: کلروفیل a، V₇: کلروفیل b، V₈: کلروفیل کل، V₉: نشت الکترولیت، V₁₀: نسبت کلروفیل a/b، V₁₁: تعداد پیاز دختری، V₁₂: مجموع وزن تر پیازهای دختری ۰-۳ گرم، V₁₃: مجموع وزن تر پیازهای ۳-۶ گرم، V₁₄: مجموع وزن تر پیازهای ۶-۹ گرم، V₁₅: مجموع وزن تر پیازهای >۹ گرم، V₁₆: تعداد پیازهای دارای قطر ۱-۰ سانتی‌متر، V₁₇: تعداد پیازهای دارای قطر ۱-۲ سانتی‌متر، V₁₈: تعداد پیازهای دارای قطر ۲-۳ سانتی‌متر و V₁₉: تعداد پیازهای دارای قطر >۳ سانتی‌متر.

V₁: Diameter of daughter corm, V₂: fresh weight of daughter corm, V₃: leaf length, V₄: leaf number, V₅: SPAD, V₆: chlorophyll a, V₇: chlorophyll b, V₈: total chlorophyll content, V₉: electrolyte leakage, V₁₀: chlorophyll a to chlorophyll b ratio, V₁₁: number of daughter corms, V₁₂: total fresh weight of daughter corms with 0-3 g weight, V₁₃: total fresh weight of daughter corms with 3-6 g weight, V₁₄: total fresh weight of daughter corms with 6-9 g weight, V₁₅: total fresh weight of daughter corms with >9 g weight, V₁₆: number of daughter corms with 0-1 cm diameter, V₁₇: number of daughter corms with 1-2 cm diameter, V₁₈: number of daughter corms with 2-3 cm diameter and V₁₉: number of daughter corms with >3 cm diameter.

نتیجه‌گیری

متفاوت می‌باشد. با توجه به تأثیر مختلف سالیسیلیک اسید در جهت بهبود صفات رشدی گیاه و نیز ارزان بودن، می‌توان این ترکیب را به عنوان ماده‌ای مفید و مقرون به صرفه جهت افزایش رشد و عملکرد زعفران به کشاورزان پیشنهاد کرد. در مجموع، محلول‌پاشی با غلظت ۲ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و پس از آن استفاده از سطح ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات پتاسیم موجب افزایش رشد برگ، پیاز و محتوای کلروفیل برگ و نیز کاهش میزان نشت الکترولیت در گیاه زعفران گردید.

نتایج آزمایش حاکی از نقش مؤثر کاربرد سالیسیلیک اسید و نیترات پتاسیم در بهبود صفات مختلف در زعفران بود. با توجه به این‌که ترکیبات فنولیکی موجب تسهیل در جذب عناصر غذایی می‌شوند و نقش مثبتی در فعالیت‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های فتوسنتز دارند و از طرف دیگر، باعث انتقال بهتر مواد پرورده از منبع به مخزن می‌شوند، رشد بهتر و عملکرد بیشتر گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید دور از انتظار نمی‌باشد. همچنین، می‌توان استنباط کرد که غلظت مناسب سالیسیلیک اسید بسته به گونه و سن گیاه

منابع

- Alvarez-Orti, M., Schwarzacher, T., Rubio, A., Blazquez, S., Piqueras, A., Fernandez, J.A., and Harrison, P., 2004. Studies on expression of genes involved in somatic embryogenesis and storage protein accumulation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Acta Horticulturae*. 650, 155-163.
- Amirian, F., and Kargar, S.M.A., 2016. Evaluation of gibberellic acid, corm size and phosphoric fertilizer on yield and other traits of saffron (*Crocus sativus*) (Ghaen ecotype). *Journal of Saffron Research*. 4(1), 134-148. [In Persian with English Summary].
- Amirshakari, H., Sorooshzadeh, A., Modarres Sanavy, A.M., and Javaran, J., 2008. Effects of root-zone temperature, corm size, and gibberellins on vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 14(5), 175-188. [In Persian with English Summary].
- Ansarian, S., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., and Soltani, E., 2017. Effect of salicylic acid corm priming on morphological characteristics of saffron. 6th National Congress on Medicinal Plants 9-10th May, Tehran, Iran, p. 661. [In Persian].
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24(1), 1-15.
- Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M.A., 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in *Arabidopsis* seedlings. *Plant Physiology*. 126, 1024-1230.
- Clark, S.M., Mur, L.A.J., Wood, J.E., and Scott, I.M., 2004. Salicylic acid dependent signaling promotes basal thermo tolerance but is not essential for acquired thermo tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal*. 38, 432-437.
- Dat, J.F., Foyer, C.H., and Scott, I.M., 1998. Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermo tolerance in mustard seedlings. *Plant Physiology*. 118, 1455-1461.
- EL-Tayeb, M.A., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 45, 215-224.
- Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., and Alpaslan, M., 2007. Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Science Horticulture*. 113, 120-128.
- Erez, A., 1987. Chemical control of bud break. *Hortscience*. 22, 1240-1283.
- Hartmann, H.T., Flocker, W.J., and Kofranek, A.M., 1981. Soil and Water Management and Mineral Nutrition. Prentice-Hall Inc. In: *Plant Science-Growth, Development and Utilization of Cultivated Plants*. pp. 195-221.
- Hassanzadeh Aval, F., and Mahlouji Rad, M., 2013. Effect of foliar applications of iron and manganese on vegetative growth and production of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.) in Qom conditions. In: *Proceedings of the 2nd National Conference on the Newest Scientific and Research*

- Findings on Saffron. Torbat-e Heydariyeh, Iran, 30 October, p. 55. [In Persian].*
- Jabbari, M., Khayyat, M., Fallahi, H.R., and Samadzadeh, A.R., 2017. Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices. *Saffron Agronomy and Technology*. 5(1), 21-35. [In Persian with English Summary].
- Jiang, Y., and Huang, N., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxides. *Crop Science*. 41, 436-442.
- Khorasani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Hassanzadeh Aval, F., 2013. Effect of concentration, time and frequency of foliar applications on vegetative growth and production of daughter corms of saffron (*Crocus sativus* L.) by using a complete nutrient solution. *Proceedings of the 2nd National Conference on the Newest Scientific and Research Findings on Saffron. Torbat-e-Heydariyeh, 30 October, p. 40. [In Persian].*
- Koch, J.R., Creelman, R.A., Eshita, S.M., Seskar, M., Mullet, J.E., and Davis, K.R., 2000. Ozone sensitivity in hybrid poplar correlates with insensitivity to both salicylic acid and Jasmonic acid. The role of programmed cell death in lesion formation. *Plant Physiology*. 123, 487-96.
- Koochakzadeh, S., and Karbasi, A., 2015. Study of the effective factors on the commerce of Iranian Saffron. *Journal of Saffron agronomy and Technology*. 3(3), 217-227. [In Persian with English Summary].
- Malakouti, M.J., Malakouti, A., Bybord, I., and Khamesi, E., 2010. Zinc (Zn) is the neglected element in the life cycle of plant, animal and human health (10th edition with complete revision). *Technology Bulletin No. 007. Soil Science Department-Tarbiat Modares University. Sana Pub. Co., Tehran, Iran. 14 pp. [In Persian].*
- Marschner, P., 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd Ed. Academic Press: London, UK. pp. 178-189.*
- Memon, S.A., Baloch, A.R., Baloch, M.A., and Keerio, M.I., 2013. Pre-soaking treatment and foliar application of KNO₃ on growth and flower production of gladiolus (*Gladiolus hortulanus*). *Journal of Agricultural Technology*. 9(5), 1347-1366.
- Misra, N., and Saxena, P., 2009. Effect of salicylic acid on proline metabolism in lentil grown under salinity stress. *Plant Science*. 177, 181-189
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand, Z., and Tabrizi, L., 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 5(1), 155-165. [In Persian with English Summary].
- Oosthuyse, S.A., 1996. Effect of KNO₃ a spray to flowing mango trees on fruit retention, fruit size, tree yield, and fruit quality. *South African Mango Growers Association Yearbook*. 16, 27-31.
- Pettigrew, W.T., 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiology Plantarum*. 133, 670-681.
- Popova, L., Ananieva, V., Hristova, V., Christov, K., Geovgieva, K., Alexieva, V., and Stoinova, Z., 2003. Salicylic acid and methyl Jasmonate- induced protection on photosynthesis to Paraquat oxidative stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 133-152.
- Ramazan. A., Hafiz, I.A., Ahmad, T., and Abbasi, N.A., 2010. Effect of priming with potassium nitrate and dehiscent on seed germination of gladiolus (*Gladiolus alatus*) *Pakistan Journal of Botany*. 42(1), 247-258.
- Salisbury, F.B., and Ross, C.W., 1992. *Mineral nutrition: In Plant Physiology. 4th Ed. Pp. 116-135. Wadsworth Pub. Co. Belmont, California.*
- Singh, B., and Usha, K., 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*. 39, 137-141.
- Singh, K.P., Ramachandran, N., and Uma, S., 1997. Growth, flowering, corm yield and corm-rot incidence as affected by level and frequency of potassium application in gladiolus (*Gladiolus grandiflorus*). *Indian Journal Agricultural Sciences*. 67(9), 404-406.

- Surplus, S.L., Jordan, B.R., Murphy, A.M., Carr, J.P., Thomas, B., and Mackerness, S.A.H., 1998. Ultraviolet-B-induced responses in *Arabidopsis thaliana*: Role of salicylic acid and reactive oxygen species in the regulation of transcripts encoding photosynthetic and acidic pathogenesis-related proteins. *Plant, Cell and Environment*. 21, 685-694.
- Trewavas, A., 1983. How do plant growth substances work? *Plant, Cell and Environment*. 4, 203-228.
- Vicente, M.R., and Plasencia, J., 2011. Salicylic acid beyond defense: Its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*. 62, 1-18.
- Wilfret, G.J., 1980. *Gladiolus. Introduction to floriculture*. Larson, R.A. (Ed.) pp. 165-181. Academic Press, Inc. New York.
- Zhao, H.J., Lin, X.W., Shi, H.Z., and Chang, S.M., 1995. The regulating effect of phenolic compounds on the physiological characteristics and yield of soybeans. *Acta Scientiarum Agronomy*. 21, 351-355.



Effects of Foliar Application of Salicylic Acid and Potassium Nitrate on Chlorophyll Content, Electrolyte Leakage and Daughter Corm Growth of Saffron

Mani Jabbari¹, Mehdi Khayat^{2*}, Hamid-Reza Fallahi³, Alireza Samadzadeh⁴

1- M. Sc Student of Medicinal Plants, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Assistant Professor in Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

4- Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

*Corresponding author email: mhdkhayat@birjand.ac.ir

Received 24 February 2017; Accepted 1 July 2017

Abstract

Cold stress which occurs naturally during vegetative growth of saffron as a medicinal plant which it can significantly affect its growth and flowering stage. Foliar application of phytohormones and nutrients can improve its tolerance to environmental stress. In order to evaluate the role of salicylic acid and potassium nitrate as foliar application on saffron growth, a two years study during 2014-2015 and 2015-2016) was carried out based on a randomized complete block design with four replications at Sarayan Faculty of Agriculture (University of Birjand). Different levels of salicylic acid (0.5, 1 and 2 mM) and potassium nitrate (250, 500 and 1000 mg.l⁻¹) plus control (as distilled water) were sprayed twice during plant growth. Based on the results, the highest chlorophyll a (6.93 mg.g⁻¹ FW) and chlorophyll a/b ratio were obtained at 1000 mg.l⁻¹ of potassium nitrate, which had no significant difference with 2 mM Salicylic acid. The highest chlorophyll b content was obtained at 0.5 mM salicylic acid (1.084 mg. g⁻¹ FW) that showed no significant different with 1 mM. The lowest chlorophyll a (3.59 mg. g⁻¹ FW) and total chlorophyll (0.309 mg. g⁻¹ FW) were obtained at control (spraying with distilled water). All levels of salicylic acid and potassium nitrate reduced the electrolyte leakage percentage, so that the highest and the lowest values were observed at control (34.1%) and 1 mM salicylic acid (14.4%), respectively. Moreover, the highest amounts of daughter corms fresh weight (3.9 g), number of leaves (8 leaves.plant⁻¹), and leaf length (33.81 cm) were related to 2 mM salicylic acid. The treatment of 2 mM salicylic acid and then 1000 mg. l⁻¹ potassium nitrate were the best treatments in terms of chlorophyll content, vegetative growth parameters and corm growth indices of saffron. Overall, it can be concluded that foliar application of salicylic acid and potassium nitrate are appropriate strategies in saffron cultivation which can reduce the effects of thermal stress (reduce in electrolyte leakage) and increase daughter corm growth and leaf extension.

Keywords: Chlorophyll content, Corm diameter, Electrolyte leakage, Environmental stresses, Medicinal plant.