



## تأثیر پیش تیمار بنه مادری با سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم بر عملکرد گل، بنه و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل زعفران

مانی جباری<sup>۱</sup>، مهدی خیاط<sup>۲</sup>، حمیدرضا فلاحی<sup>۳</sup> و علیرضا صمدزاده<sup>۴\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۸ مهر ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۲۹ خرداد ۱۳۹۵

جباری، م، خیاط، م، فلاحی، ح.ر.، و صمدزاده، ع.ر. ۱۳۹۶. تأثیر پیش تیمار بنه مادری با سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم بر عملکرد گل، بنه و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل زعفران. زراعت و فناوری زعفران، ۵(۱):۲۱-۳۵.

### چکیده

زعفران یکی از با ارزش ترین گیاهان دارویی ایران است که در حوزه پراکنش خود تحت تأثیر برخی از تنش‌های محیطی می‌باشد. بنابراین، مصرف ترکیبات هورمونی و غذایی می‌تواند ضمن کاهش آثار سوء تنش، موجبات افزایش رشد و عملکرد گیاه را فراهم سازد. به همین منظور آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با هدف بررسی اثر غوطه‌وری بنه‌های مادری زعفران در سطوح مختلف اسید سالیسیلیک (۰/۵، ۱ و ۲ میلی مولار) و نیترات پتاسیم (۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) به همراه تیمار شاهد (آب مقطر به عنوان سطح صفر برای هر یک از ترکیبات مورد استفاده) روی برخی صفات مرتبط با رشد رویشی و زایشی زعفران در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. صفات مورد بررسی شامل وزن تر گل، وزن تر گلبرگ، وزن تر کلاله، طول کلاله، طول برگ، وزن و قطر بنه مادری و دختری، میزان کلروفیل کل و فلورسانس کلروفیل (با هدف بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر خسارت احتمالی ناشی از تنش گرمای تابستانه) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان  $Fv/Fm$ ،  $Fv/Fm.Fv/Fm$  (به ترتیب ۱۱۷، ۰/۲۷ و ۰/۴۴)، کلروفیل کل (۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر)، وزن تر گل، وزن تر گلبرگ، وزن تر کلاله (به ترتیب ۳۶/۹، ۳۲/۱ و ۴/۲ گرم در متر مربع)، طول کلاله و طول برگ (به ترتیب ۲۹/۶ میلی متر و ۳۷/۷ سانتی متر) در تیمار غوطه‌وری بنه در محلول ۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک و بیشترین میزان  $Fm$  به مقدار ۴۳۴ در سطح ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد. تیمار مصرف ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیترات پتاسیم نیز به ترتیب موجب افزایش ۱۹ و ۳۰ درصدی مقادیر قطر و وزن بنه دختری گردید. در مجموع، نتایج این آزمایش نشان داد که غوطه‌وری بنه-های مادری زعفران در محلول‌های اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم موجب بهبود رشد و عملکرد زعفران می‌شود.

**کلمات کلیدی:** بنه، پتانسیل عملکرد کوانتومی، عملکرد گل، فلورسانس متغیر، کلاله، کلروفیل کل.

### مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) یکی از گیاهان بومی ایران است که از نظر ارزآوری، جلوگیری از مهاجرت و اشتغال‌زایی جزء محصولات استراتژیک کشور به خصوص در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی محسوب می‌شود (Koocheki & Jahan, 2009). این گیاه در حال حاضر در کشورهایمانند

- ۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گرایش فیزیولوژی گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
  - ۲ - استادیار گروه علوم باغبانی، پژوهشکده گیاهان ویژه منطقه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
  - ۳ - استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده گیاهان ویژه منطقه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
  - ۴ - مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
- \* - نویسنده مسئول: (arsamadzadeh@birjand.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.38893

های اسید جیبرلیک و کنتین از نظر وزن کلالة اختلافي وجود نداشت (Azizbekova et al., 1976). در همين ارتباط چرانگو و فاروق (Chrunqoo & Farooq, 1984) نيز گزارش کردند که مصرف NAA بر تعداد جوانه‌ها و بنه‌ها بدون آنکه وزن آنها را کاهش دهد، تأثیر افزایشی دارد. مصرف خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه، عمدتاً از طریق تغییر در نسبت بین بازدارنده‌ها و افزایش‌دهنده‌های رشد گیاه موجب بروز تغییراتی در رشد زایشی و رویشی زعفران می‌شود (Behdani & Fallahi, 2015).

مصرف نیترات پتاسیم نیز می‌تواند ضمن تأمین بخشی از نیاز غذایی گیاه شرایط را برای تحریک رشد و گلدهی فراهم سازد، زیرا عناصر موجود در این ترکیب در انجام بسیاری از واکنش‌های آنزیمی، توسعه سیستم ریشه‌ای و نیز تولید ترکیبات آلی مانند آمینواسیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای هسته‌ای نقش دارند (Memon et al., 2013). تاکنون تأثیر مثبت استفاده از این ترکیب در افزایش رشد، تحریک گلدهی و بهبود وزن بنه در گیاه گلابول توسط رمضان و همکاران (Ramazan et al., 2010) و ممون و همکاران (Memon et al., 2013) گزارش شده است. نیترات پتاسیم در گیاهان با اهدافی مانند تأمین نیاز غذایی گیاه و یا القای گلدهی، بهبود فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها، فتوسنتز، تنظیم فعالیت روزنه‌ها، انتقال انرژی، تعادل کاتیونی-آنیونی و نیز بهبود مقاومت در برابر تنش‌های محیطی استفاده می‌شود (Marschner, 2012).

با وجود اینکه تاکنون تحقیقات متنوعی در ایران بر روی گیاه زعفران انجام شده، اما موضوع غوطه‌وری بنه‌ها در محلول‌های غذایی و هورمونی و ارزیابی تأثیر این مواد بر عملکرد و تولید بنه دختری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، در این پژوهش تأثیر پیش‌تیمار بنه با نیترات پتاسیم و اسید سالیسیلیک بر گلدهی، بنه‌زایی و شاخص‌های فلورسانس کلروفیل زعفران در شرایط مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

ایران، هند، پاکستان، مراکش، یونان، اسپانیا و ایتالیا کشت می‌گردد (Behnia et al., 1999; Negbi, 1999). ایران با تولید بیش از ۲۸۰ تن کلالة خشک در هر سال مهم‌ترین کشور تولیدکننده زعفران در سطح جهان محسوب می‌شود (Iran's Agriculture Jihad statistics, 2014). با این وجود، متوسط عملکرد زعفران در ایران ۳/۹۶ کیلوگرم در هکتار است که در مقایسه با کشورهایی مانند اسپانیا با عملکرد حدود ۱۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد (Behdani et al., 2008; Juan et al., 2009; Rezvani-Moghaddam et al., 2007). این تفاوت عملکرد عمدتاً ناشی از عوامل مربوط به مدیریت زراعی و نیز تأثیرات منفی تنش‌های محیطی می‌باشد؛ بنابراین، هر عاملی که موجب کاهش اثرات تنش‌های محیطی و نیز تأمین مناسب نیاز غذایی زعفران گردد، می‌تواند به عنوان فاکتوری مثبت جهت کاهش خلاء عملکرد در این گیاه محسوب گردد (Behdani & Fallahi, 2015).

اسید سالیسیلیک به گروه ترکیبات فنولی تعلق داشته (Popova et al., 1997) که در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه (Raskin, 1992) و کاهش آثار منفی ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارد (Horvath et al., 2002). این ترکیب با تغییر تعادل هورمونی به خصوص افزایش هورمون‌های اکسین و سیتوکینین (Shakirova et al., 2003) موجب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. تاکنون در برخی از تحقیقات علمی، تأثیر بعضی از ترکیبات هورمونی بر رشد و گلدهی زعفران مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی غوطه‌وری بنه زعفران در تیرماه در اسید جیبرلیک موجب تحریک و افزایش تعداد جوانه گل، تشکیل مریستم‌های تمایز نیافته و هم‌چنین تحریک رشد طولی برگ و ریشه گردید (Azizbekova et al., 1983). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که غوطه‌وری بنه‌ها در کنتین موجب تحریک گلدهی در مقایسه با تیمار اسید جیبرلیک گردید، در حالی که بین محلول-

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات غوطه‌وری بنه زعفران در محلول‌های اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۸۱ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ انجام شد. این منطقه دارای اقلیم گرم و خشک بوده و میانگین دما و بارندگی سالیانه آن به ترتیب ۱۷ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۹ میلی‌متر می‌باشد.

تیمارهای آزمایشی شامل غوطه‌وری بنه‌های هم اندازه زعفران (وزن ۶ تا ۸ گرم) در سطوح مختلف اسید سالیسیلیک

(۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و نیترات پتاسیم (۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به همراه تیمار شاهد بودند. در این آزمایش غوطه‌وری بنه‌های مادری در آب مقطر به عنوان تیمار شاهد برای هر یک از ترکیبات مورد استفاده در نظر گرفته شد. افزون بر این، سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم با مرور منابع علمی بر روی گیاهان پیازی مشابه انتخاب شد. بنه‌های زعفران به مدت ۶ ساعت و در ابتدای دوره خواب (اول تیر ماه) در محلول‌های مورد نظر خیس‌اندازه شده و پس از خشک شدن رطوبت سطحی بنه‌ها در سایه، کشت گیاه به صورت مسطح با تراکم ۱۰۰ بنه در متر مربع در کرت‌هایی با ابعاد ۱×۲ متر با عمق کاشت ۱۲ سانتی‌متر انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil used in experiment

بافت	درصد سیلت	درصد رس	درصد شن	شاخص واکنش	نسبت جذب سدیم	پتاسیم	هدایت الکتریکی
Texture	Silt (%)	Clay (%)	Sand (%)	pH	SAR	K (meq.lit <sup>-1</sup> )	EC (ds.m <sup>-1</sup> )
لومی رسی Clay loam	18	21.1	60.9	8.13	1.15	1.3	2.4

همزمان با شروع گلدهی زعفران در آبان ماه، برداشت گل‌ها با رعایت اثر حاشیه‌ای و در ساعات اولیه صبح انجام شد. در هر مرحله نمونه‌گیری، گل‌های ظاهر شده به صورت روزانه جمع‌آوری، شمارش و توزین شدند. در این مرحله صفات مربوط به گلدهی گیاه شامل وزن تر گل، وزن گلبرگ، وزن و طول کلاله اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل در دی ماه با کمک دستگاه فلورومتر (مدل MINI-PAM) از جوان‌ترین برگ‌های کاملاً توسعه یافته در دو حالت روشنایی و تاریکی، صورت گرفت. برای این منظور قسمتی از برگ مورد نظر به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفت و سپس با تابش فعال (Act. light) به برگ، مقادیر شاخص‌های فلورسانس تاریکی کلروفیل شامل Fm

(فلورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی)، Fo (فلورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با تاریکی)، Fv (فلورسانس متغیر در شرایط تاریکی) و نیز Fv/Fm (حداکثر عملکرد کوآنتومی در شرایط سازگار شده با تاریکی) اندازه‌گیری شد. در مرحله بعد شاخص‌های فلورسانس روشنایی (F'o, F'm, F'v و F'v/F'm) بدون در نظر گرفتن تاریکی بر روی برگ، مورد سنجش قرار گرفت. افزون بر این، اندازه‌گیری محتوای کلروفیل کل برگ نیز در دی ماه با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1949) انجام گرفت.

جهت ارزیابی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وضعیت رشدی برگ و بنه‌های مادری و دختری زعفران، در بهمن ماه تعداد ۴ کلون از هر کرت از خاک خارج گردید و سپس طول برگ، وزن

می‌باشد (Paknejad et al., 2007). افزایش مقدار  $F_v/F_m$  موجب افزایش کارایی فتوسیستم ۲ شده و پدیده‌ای مثبت در جهت افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی محسوب می‌شود (Lu et al., 2002). با توجه به نتایج آزمایش حاضر مبنی بر تأثیر مثبت غوطه‌وری بنه خصوصاً در محلول اسید سالیسیلیک بر مقدار  $F_v/F_m$  و از آنجا که این صفت به‌عنوان شاخص مهار نوری فتوسیستم‌ها محسوب می‌شود، می‌توان بیان داشت که اسید سالیسیلیک احتمالاً از طریق ممانعت از بازدارندگی نوری باعث افزایش مقاومت گیاه به شرایط نامساعد محیطی می‌شود. این نتایج با یافته‌های گائو و همکاران (Gao et al., 2011) که کاهش اثرات تنش توسط اسید سالیسیلیک را از طریق بهبود پارامترهای فتوستتزی نشان داده‌اند، انطباق دارد. یکی از دیگر دلایل احتمالی افزایش  $F_v/F_m$  در پاسخ به مصرف نیترا تپتاسیم و اسید سالیسیلیک، موضوع تأثیر مثبت این ترکیبات بر ساخت کلروفیل می‌باشد (جدول ۳)، زیرا میزان فلورسانس کلروفیل به طور مستقیم به میزان فعالیت کلروفیل در مرکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط دارد.

بیشترین میزان  $F'm$  در تیمار ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بدست آمد، اما از این حیث اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۰/۵ تا ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک مشاهده نشد. کمترین میزان  $F'm$  نیز در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم نیترا تپتاسیم بدست آمد و تیمار شاهد با سطوح ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم نیترا تپتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). بروز هر گونه آسیب به گیاه از جمله تنش‌های محیطی منجر به کاهش میزان  $F'm$  می‌شود. افزایش فلورسانس اولیه و کاهش فلورسانس حداکثر می‌تواند فعالیت فتوسیستم ۲ را مختل کند. بنابراین، بالا بودن مقدار فلورسانس حداکثر بیانگر توان تحمل بیشتر شرایط نامساعد محیطی است (NadeAli et al., 2010). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان  $F_v/F_m$  در سطح ۲

بنه مادری و دختری (با استفاده از ترازوی دارای دقت ۰/۰۰۱ گرم) و قطر بنه مادری و دختری (با استفاده از کولیس دیجیتالی) اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و SPSS انجام شد. مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار حفاظت شده (FLSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### شاخص‌های فلورسانس کلروفیل

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر مقادیر  $F_m$ ،  $F_v$ ،  $F_v/F_m$ ،  $F'm$  و  $F'v/F'm$  در گیاه زعفران معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تمامی سطوح مصرف سالیسیلیک اسید و نیترا تپتاسیم موجب کاهش مقدار فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) شدند، هر چند که این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. نتایج نسبتاً مشابهی در خصوص اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) مشاهده شد، به طوری که تمامی تیمارهای آزمایشی به جز تیمار غوطه‌وری بنه در محلول ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب کاهش نسبی  $F_m$  شدند. بیشترین مقدار فلورسانس متغیر ( $F_v$ ) نیز در تیمار مصرف ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به دست آمد و سطوح مختلف مصرف نیترا تپتاسیم و نیز غلظت ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نیز به طور نسبی مقدار این شاخص را در مقایسه با شاهد افزایش دادند، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین میزان  $F_v/F_m$  نیز در تیمار مصرف ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بدست آمد که از حیث این صفت تیمار مذکور اختلاف معنی‌داری را با سطح ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک و تمامی سطوح نیترا تپتاسیم نداشت (جدول ۳). کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ به صورت نسبت  $F_v/F_m$  بیان می‌شود که نشان‌دهنده ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم ۲

2006)، کنف (Shi et al., 2009) و لویبا (Nelson et al., 2006) گزارش شده است. نتایج پژوهش‌های مشابهی نیز هم-راستا با یافته‌های مطالعه کنونی حاکی از آن است که کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش میزان کارایی فتوسنتزی در گیاه می‌شود (Tammam, 2003; Krishna et al., 2004). در همین ارتباط افزایش میزان کارایی فتوسنتزی در گیاهان جو (Pancheva et al., 1996)، ذرت (Zhou et al., 1999) و سویا (Khan et al., 2003) نیز در نتیجه مصرف اسید سالیسیلیک گزارش شده است.

میزان کلروفیل کل نیز در این آزمایش تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان کلروفیل کل در تیمار کاربرد ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۰/۸۵ میکروگرم بر گرم وزن تر) به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سطوح ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم نیترات پتاسیم نداشت. کمترین میزان کلروفیل کل نیز در تیمار کاربرد ۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به مقدار ۰/۵۳ حاصل شد (جدول ۳). با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک میزان کلروفیل کل در زعفران افزایش یافت که این موضوع با مطالعات خان و همکاران (Khan et al., 2003) در سویا و سینگ و اوشه (Singh & Usha., 2003) در گندم مطابقت دارد. افزایش محتوای کلروفیل کل در اثر کاربرد اسید سالیسیلیک احتمالاً ناشی از تأثیر این ترکیب بر افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو می‌باشد (Gutierrez-Coronado et al., 1998). افزون بر این، اسید سالیسیلیک اثر اسید آسبزیک را در بستن روزنه‌ها کاهش داده (Rai et al., 1986) و این عامل نیز می‌تواند در محتوای کلروفیل برگ اثرگذار باشد. گزارش شده است که اسید سالیسیلیک از طریق به تأخیر انداختن سنتز اتیلن و دیپلاریزاسیون غشاء<sup>۱</sup> توسط گونه‌های فعال اکسیژن، سبب

میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۴۴۵ به دست آمد، اما از حیث این صفت اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف مصرف اسید سالیسیلیک مشاهده نشد. کمترین مقدار این شاخص نیز در شاهد به میزان ۰/۰۲۶ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با سطوح مختلف کاربرد نیترات پتاسیم نشان نداد. در مجموع، مقدار پتانسیل عملکرد کوانتومی در بالاترین سطح مصرف نیترات پتاسیم و اسید سالیسیلیک به ترتیب ۷۰ و ۹۴ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳).

به‌منظور تعیین وضعیت فیزیولوژیکی گیاه و میزان سلامت دستگاه فتوسنتزی از تکنیک سنجش فلورسانس کلروفیل استفاده می‌شود که روشی سریع و غیرتخریبی می‌باشد (Lichtenthaler, 1992; Shabala, 2002). افزایش میزان فلورسانس کلروفیل و کاهش عملکرد کوانتومی، بیانگر کاهش توان فتوسنتزی گیاه است (Baker & Rosenqvist, 2004). در مجموع، نتایج پژوهش کنونی نشان داد که غوطه‌وری بنه-های زعفران در نیترات پتاسیم و به خصوص اسید سالیسیلیک موجب افزایش توان گیاه در مقابل تنش‌های محیطی می‌شود که این موضوع از نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر قابل استنباط است (جدول ۳). یکی از دلایل بهبود شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در شرایط تیمار گیاه با اسید سالیسیلیک، تأثیر حفاظتی این ماده بر دستگاه فتوسنتزی، فعالیت آنزیم رویسکو و مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد (Steven et al., 2006; Kormkaz et al., 2007). مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد اسید سالیسیلیک بسته به غلظت، زمان و گیاه مورد استفاده دارای آثار متفاوتی می‌تواند باشد، اما این ترکیب در غلظت‌های مناسب با کاهش تخریب رنگیزه کلروفیل، افزایش توان آنتی‌اکسیدانی سلول و سنتز پروتئین‌های جدید از دستگاه فتوسنتزی محافظت می‌کند (Popova et al., 2003). در تحقیقات دیگری نیز اثرات مثبت اسید سالیسیلیک بر کارایی شاخص‌های فلورسانس کلروفیل در برگ خیار (Shi et al.,

در گیاه می‌شود (Leslie & Rpmanni, 1988).

تقویت و تحریک فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید کلروفیل کل

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های فلورسانس کلروفیل زعفران تحت تأثیر مصرف سطوح مختلف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for saffron chlorophyll fluorescence under the influence of different levels of salicylic acid and potassium nitrate

منابع تغییرات S.O.V Df	حداکثر		پتانسیل		حداقل		حداکثر		کلروفیل کل Total Chlorophyll
	فلورسانس	کلروفیل	فلورسانس	کلروفیل	فلورسانس	کلروفیل	فلورسانس	کلروفیل	
	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	F <sub>0</sub>	F <sub>m</sub>	F <sub>v</sub>	F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub>	
پلک Block	3	4172 <sup>ns</sup>	656 <sup>ns</sup>	0.0225 <sup>ns</sup>	15399 <sup>ns</sup>	13789 <sup>ns</sup>	6557 <sup>ns</sup>	0.02438 <sup>ns</sup>	0.00834 <sup>ns</sup>
تیمار Treatment	6	3743 <sup>ns</sup>	9990*	4987*	10878 <sup>ns</sup>	45133*	18655 <sup>ns</sup>	0.10113*	0.05147**
خطا Error	18	3704	3975	2862	8604	12470	12304	0.04855	0.007278

ns و ns\*\* به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار هستند.

\*\* \* and ns significant at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively.

F<sub>0</sub>, F<sub>m</sub> and F<sub>v</sub> represent minimum, maximum and variable chlorophyll fluorescence, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های کلروفیل زعفران تحت تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم

تیمار Treatment	حداقل فلورسانس		حداکثر فلورسانس		پتانسیل عملکرد		فلورسانس متغیر		حداکثر فلورسانس		حداقل فلورسانس		پتانسیل عملکرد		فلورسانس متغیر		حداکثر فلورسانس		کلروفیل کل		
	(F0)	(Fm)	(Fv)	(Fv/Fm)	(F0)	(Fm)	(Fv)	(Fv/Fm)	(F0)	(Fm)	(Fv)	(Fv/Fm)	(F0)	(Fm)	(Fv)	(Fv/Fm)	(F0)	(Fm)	(Fv)	(Fv/Fm)	Total Chlorophyll (µg.g fresh weight <sup>-1</sup> )
۱ لیتر (شاهد)	335 <sup>a</sup>	354 <sup>ab</sup>	19 <sup>b</sup>	0.054 <sup>b</sup>	213 <sup>a</sup>	221 <sup>bc</sup>	8 <sup>a</sup>	0.026 <sup>b</sup>	221 <sup>bc</sup>	213 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	0.026 <sup>b</sup>	221 <sup>bc</sup>	213 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	0.026 <sup>b</sup>	221 <sup>bc</sup>	213 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	0.026 <sup>b</sup>	0.724 <sup>b</sup>
Control																					
۷۵۰ میکروگرم در لیتر نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 250 mg.lit <sup>-1</sup>	245 <sup>a</sup>	270 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	0.093 <sup>ab</sup>	206 <sup>a</sup>	212 <sup>bc</sup>	6 <sup>a</sup>	0.027 <sup>b</sup>	212 <sup>bc</sup>	206 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0.027 <sup>b</sup>	212 <sup>bc</sup>	206 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0.027 <sup>b</sup>	212 <sup>bc</sup>	206 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	0.027 <sup>b</sup>	0.793 <sup>ab</sup>
۵۰۰ میکروگرم در لیتر نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 500 mg.lit <sup>-1</sup>	260 <sup>a</sup>	292 <sup>b</sup>	32 <sup>b</sup>	0.094 <sup>ab</sup>	183 <sup>a</sup>	188 <sup>c</sup>	4 <sup>a</sup>	0.028 <sup>b</sup>	188 <sup>c</sup>	183 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0.028 <sup>b</sup>	188 <sup>c</sup>	183 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0.028 <sup>b</sup>	188 <sup>c</sup>	183 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0.028 <sup>b</sup>	0.748 <sup>ab</sup>
۱۰۰۰ میکروگرم در لیتر نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 1000 mg.lit <sup>-1</sup>	296 <sup>a</sup>	324 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	0.069 <sup>ab</sup>	179 <sup>a</sup>	207 <sup>bc</sup>	27 <sup>a</sup>	0.085 <sup>b</sup>	207 <sup>bc</sup>	179 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	0.085 <sup>b</sup>	207 <sup>bc</sup>	179 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	0.085 <sup>b</sup>	207 <sup>bc</sup>	179 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	0.085 <sup>b</sup>	0.674 <sup>bc</sup>
۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک Salicylic acid 0.5 mM	295 <sup>a</sup>	310 <sup>b</sup>	14 <sup>b</sup>	0.049 <sup>b</sup>	320 <sup>a</sup>	434 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	0.184 <sup>ab</sup>	434 <sup>a</sup>	320 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	0.184 <sup>ab</sup>	434 <sup>a</sup>	320 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	0.184 <sup>ab</sup>	434 <sup>a</sup>	320 <sup>a</sup>	114 <sup>a</sup>	0.184 <sup>ab</sup>	0.5376 <sup>d</sup>
۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک Salicylic acid 1 mM	267 <sup>a</sup>	300 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	0.1 <sup>ab</sup>	275 <sup>a</sup>	400 <sup>a</sup>	126 <sup>a</sup>	0.266 <sup>ab</sup>	400 <sup>a</sup>	275 <sup>a</sup>	126 <sup>a</sup>	0.266 <sup>ab</sup>	400 <sup>a</sup>	275 <sup>a</sup>	126 <sup>a</sup>	0.266 <sup>ab</sup>	400 <sup>a</sup>	275 <sup>a</sup>	126 <sup>a</sup>	0.266 <sup>ab</sup>	0.5782 <sup>c</sup>
۲ میلی مولار اسید سالیسیلیک Salicylic acid 2 mM	304 <sup>a</sup>	421 <sup>a</sup>	117 <sup>a</sup>	0.273 <sup>a</sup>	205 <sup>a</sup>	371 <sup>ab</sup>	166 <sup>a</sup>	0.445 <sup>a</sup>	371 <sup>ab</sup>	205 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	0.445 <sup>a</sup>	371 <sup>ab</sup>	205 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	0.445 <sup>a</sup>	371 <sup>ab</sup>	205 <sup>a</sup>	166 <sup>a</sup>	0.445 <sup>a</sup>	0.8544 <sup>a</sup>

In each column and for each factor, means followed by at least one similar letter in common are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test. در هر ستون و برای هر عامل میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

F<sub>0</sub>, F<sub>m</sub> and F<sub>v</sub> represent minimum, maximum and variable chlorophyll fluorescence, respectively. F<sub>0</sub>, F<sub>m</sub> و F<sub>v</sub> به ترتیب به‌منگنر فلورسانس حداقل، حداکثر و فلورسانس متغیر می‌تکنند.

نتایج این تحقیق با نتایج ال-باسیونی ( El-Bassiony, 2006) در گیاه گلایل مطابقت دارد. وی گزارش کرد که محلول پاشی پتاسیم موجب بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود. در مطالعه دیگری گزارش شد که غوطه‌وری بنه‌های گلایل در محلول ۲ درصد نترات پتاسیم موجب افزایش رشد گیاه شد (Singh et al., 1997). در همین ارتباط قونام و همکاران (Ghoname et al., 2007) نیز در پژوهش بر روی پیاز نتیجه گرفتند که مصرف نترات پتاسیم تأثیر افزایشی و مطلوبی بر رشد گیاه داشت. در پژوهش‌های مشابه دیگری نیز تأثیر پیش تیمار غوطه‌وری بنه‌های گلایل در نترات پتاسیم بر رشد رویشی و گلدهی این گیاه مثبت ارزیابی شده است ( Roychowdhury & Roychowdhury, 2006; Sathiyamoorthy & Vivekanandan, 2008). نترات پتاسیم از طریق تأمین دو عنصر ضروری نیتروژن و پتاسیم نقش بارزی در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارد و به عنوان یک محرک گلدهی به شمار می‌آید. پتاسیم یکی از عناصر مهم در حفظ وضعیت آبی گیاه، توسعه بافت‌های مریستمی، فعال کردن برخی واکنش‌های آنزیمی، تولید پروتئین، متابولیسم و انتقال کربوهیدرات‌ها بوده و به این صورت می‌تواند رشد و گلدهی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Memon et al., 2013). مصرف نترات پتاسیم در گیاهان از طریق بهبود فراهمی برخی عناصر غذایی، افزایش تولید و نگهداری کلروفیل، افزایش تجمع پروتئین، تأثیر احتمالی بر غلظت هورمون‌های گیاهی و نیز انتقال کارآمدتر آسمیلات‌ها به اندام‌های زایشی موجب بهبود عملکرد گیاهان می‌شود (Sarkar & Malik, 2001).

نتایج آزمایش کنونی در خصوص تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر گلدهی زعفران با نتایج معین و مرتضایی‌نژاد (Moein & Mortazaeinezhad, 2014) مبنی بر تأثیر افزایشی مصرف همزمان اسید سالیسیلیک و کنتین بر گلدهی

نتایج حاصل از تحقیقات مشابهی بر روی گیاهان جو (El-Tayeb, 2005)، گندم (Agrawal et al., 2005)، اسفناج (Eraslan et al., 2008)، کلزا (Ghai et al., 2002)، گوجه فرنگی (Tari et al., 2002) و نخود (Popova et al., 2009) نیز نشان داد که کاربرد اسید سالیسیلیک مقدار کلروفیل کل برگ را افزایش می‌دهد.

#### شاخص‌های مرتبط با گلدهی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار کاربرد اسید سالیسیلیک و نترات پتاسیم بر صفات وزن تر گل و گلبرگ و نیز وزن و طول کلاله بود (جدول ۴). بیشترین وزن تر گل در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به مقدار ۳۶/۹ گرم در متر مربع بدست آمد. همچنین غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات پتاسیم و سطوح ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در مقایسه با تیمار شاهد، به مقدار اندک و غیر معنی‌داری موجب افزایش وزن تر گل شدند (جدول ۵). بیشترین میزان وزن تر گلبرگ در تیمار کاربرد ۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک بدست آمد که البته این تیمار با سطوح ۰/۵ و ۲ میلی‌مولار این ترکیب اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این شاخص نیز در تیمار مصرف ۵۰۰ میلی‌گرم نترات پتاسیم به مقدار ۲۵/۷ گرم در متر مربع به دست آمد. در سایر سطوح نترات پتاسیم وزن تر گلبرگ تولیدی مقداری بیش از تیمار شاهد بود هر چند که از این حیث بین تمامی غلظت‌های نترات پتاسیم با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). بیشترین وزن تر کلاله در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به مقدار ۴/۲ گرم در متر مربع بدست آمد که با سایر تیمارهای آزمایشی تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بیشترین طول کلاله نیز در تیمار ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک (۲۹/۶ میلی‌متر) بدست آمد. سایر تیمارهای آزمایشی نیز موجب افزایش طول کلاله زعفران شدند، ولی این تأثیرگذاری از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵).



قبیل افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی و بهبود گل‌دهی گیاهان نقش دارد. این ترکیب احتمالاً از طریق افزایش تقسیم سلولی و بهبود شرایط فتوسنتزی گیاهان موجب بهبود رشد شده و بواسطهٔ افزایش سنتز پروتئین و ظهور باندهای ایزوزایم باعث القا و افزایش تعداد جوانه گل می‌شود ( Mansouri et al., 2015).

زعفران همخوانی دارد. نتایج منسوری و همکاران ( Mansouri et al., 2015) نیز در پژوهش بر روی ژربرا نشان داد که بزرگترین قطر گل، کوتاه‌ترین دورهٔ رشد و بیشترین تعداد گل مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک با غلظت ۷۵ میکرومولار بود. اسید سالیسیلیک یک فنل گیاهی است که در برگ‌ها و دستگاه زایشی گیاهان شناخته شده و روی برخی از رفتارهای گیاهی از

جدول ۴- میانگین مربعات شاخص‌های مرتبط با گلدهی زعفران تحت تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم

Table 4- Mean of squares for saffron flowering indices under the influence of different levels of salicylic acid and potassium nitrate

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر گلبرگ Corolla fresh weight	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	وزن تر گل Flower fresh weight	طول کلاله Stigma length
بلوک Block	3	0.0003788 <sup>ns</sup>	0.0002166 <sup>ns</sup>	0.000681 <sup>ns</sup>	0.0007024 <sup>ns</sup>
تیمار Treatment	6	0.0027357*	0.0004173*	0.003119*	0.0004636*
خطا Error	18	0.0008411	0.0002213	0.001117	0.00009614

ns و \*\*, \* به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

\*\*, \* and ns show significance at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های مرتبط با گلدهی زعفران تحت تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم

Table 5- Mean comparisons for saffron flowering indices under the influence of different levels of salicylic acid and potassium nitrate

تیمار Treatment	وزن تر گلبرگ Petal fresh weight (g.m <sup>-2</sup> )	وزن تر کلاله Stigma fresh weight (g.m <sup>-2</sup> )	وزن تر گل Flower fresh weight (g.m <sup>-2</sup> )	طول کلاله Stigma length (mm)
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	26.50 <sup>c</sup>	1.58 <sup>b</sup>	31.48 <sup>bc</sup>	24.95 <sup>b</sup>
۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 250 mg.lit <sup>-1</sup>	27.22 <sup>c</sup>	1.53 <sup>b</sup>	31.97 <sup>bc</sup>	25.13 <sup>b</sup>
۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 500 mg.lit <sup>-1</sup>	25.77 <sup>c</sup>	1.28 <sup>b</sup>	29.03 <sup>c</sup>	25.08 <sup>b</sup>
۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 1000 mg.lit <sup>-1</sup>	27.92 <sup>bc</sup>	1.60 <sup>b</sup>	32.27 <sup>abc</sup>	26.42 <sup>ab</sup>
۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک Salicylic acid 0.5 mM	29.30 <sup>abc</sup>	1.48 <sup>b</sup>	34.32 <sup>ab</sup>	26.1 <sup>ab</sup>
۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک Salicylic acid 1 mM	32.27 <sup>a</sup>	1.65 <sup>b</sup>	36.15 <sup>ab</sup>	26.57 <sup>ab</sup>
۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک Salicylic acid 2 mM	32.12 <sup>ab</sup>	4.20 <sup>a</sup>	36.95 <sup>a</sup>	29.64 <sup>a</sup>

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

In each column and for each factor, means followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

مختلف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم بر صفت طول برگ بنه مادری بود. با این وجود، اثر تیمارهای آزمایشی بر روی طول

شاخص‌های مرتبط با رشد برگ و بنه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار کاربرد سطوح

کلروفیل ارتباط دادند. امیر (2006, Amir) نیز تأثیرات مثبت غوطه‌وری بنه در نیترات پتاسیم را در تولید بنه دختری در گیاه گلایول گزارش کرده است. در تحقیق دیگری غوطه‌وری بنه سوسن در محلول ۱۵۰ قسمت در میلیون اسید سالیسیلیک بر رشد برگ و بنه گیاه تأثیر مثبتی برجا گذاشت (Padmalatha et al., 2013). معین و مرتضایی‌زاده (Moein & Mortazaeinezhad, 2014) نیز گزارش کردند که کاربرد ۱۰۰ قسمت در میلیون اسید سالیسیلیک موجب افزایش تعداد بنه در گیاه زعفران شد. خداری (2004, Khodary) نیز اثرات کاربرد اسید سالیسیلیک را بر رشد رویشی و بهبود مقاومت به تنش در گیاه ذرت مثبت ارزیابی کرد. وی این مشاهدات را ناشی از تأثیر مثبت این ترکیب بر فرآیندهای فتوسنتزی گیاه مانند میزان فعالیت آنزیم رایبیسکو و نیز غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی دانست. اسید سالیسیلیک به عنوان یک ماده شبه هورمونی با تأثیر بر مریستم‌های رویشی و زایشی موجب بهبود رشد گیاه می‌شود. این اثرات می‌تواند ناشی از تأثیر احتمالی اسید سالیسیلیک در تنظیم طویل شدن و تقسیم سلول‌ها باشد (Majd et al., 2006).

برگ بنه دختری، قطر بنه مادری و دختری و نیز وزن تر بنه دختری و مادری معنی‌دار نبود (جدول ۶). بیشترین میزان طول برگ بنه مادری در سطح ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به مقدار ۳۷/۷ سانتی‌متر بدست آمد، با این وجود تیمار مذکور با سایر سطوح مصرف اسید سالیسیلیک و نیز غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نشان نداد. هر چند تأثیر تیمارهای آزمایش بر صفات وزن و قطر بنه دختری معنی‌دار نبود، اما به خصوص مصرف اسید سالیسیلیک تا حدودی موجب بهبود این صفات گردید. تیمار غوطه‌وری بنه در محلول ۱۰۰۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم نیز در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش وزن بنه دختری به میزان ۲۹ درصد شد (جدول ۷). در تحقیق مشابهی رمضان و همکاران (Ramzan et al., 2010) گزارش کردند که محلول ۳ درصد نیترات پتاسیم موجب افزایش قابل توجه وزن و قطر بنه گلایول گردید. آنها این موضوع را به تأمین بخشی از نیتروژن و پتاسیم مورد نیاز گیاه، حفظ تعادل یونی گیاه توسط پتاسیم و تأثیر این عنصر بر فعالیت آنزیم پیرووات کیناز که در متابولیسم کربوهیدرات‌ها نقش دارد و نیز نقش آن در توسعه اندام‌های فتوسنتز کننده و محتوای

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های مرتبط با رشد برگ و بنه زعفران تحت تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم  
Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for saffron leaf and corm growth under the influence of different levels of salicylic acid and potassium nitrate

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول برگ بنه مادری Leaf length of corm	طول برگ بنه دختری Leaf length of cormel	قطر بنه مادری Corm diameter	قطر بنه دختری Cormel diameter	وزن تر بنه مادری Corm fresh weight	وزن تر بنه دختری Cormel fresh weight
بلوک Block	3	33.99 <sup>ns</sup>	26.95 <sup>ns</sup>	46.88 <sup>ns</sup>	9.784 <sup>*</sup>	1.057 <sup>ns</sup>	0.3585 <sup>ns</sup>
تیمار Treatment	6	42.68 <sup>*</sup>	14.69 <sup>ns</sup>	15.02 <sup>ns</sup>	7.407 <sup>ns</sup>	1.463 <sup>ns</sup>	0.3647 <sup>ns</sup>
خطا Error	18	19.21	37/02	17.00	8.318	2.012	0.6117

\*\*\* و ns به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و بدون اختلاف معنی‌دار هستند.  
\*\*، \* and ns significant at 0.01 and 0.05 probability level and non-significant, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین شاخص‌های مربوط به رشد برگ و بنه زعفران تحت تأثیر مصرف اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم  
Table 7- Mean comparisons for leaf and corm growth indices of saffron under the influence of different levels of salicylic acid and potassium nitrate

تیمار Treatment	طول برگ بنه مادری Leaf length of corm (cm)	طول برگ بنه دختری Leaf length of cormel (cm)	قطر بنه مادری Corm diameter (mm)	قطر بنه دختری Cormel diameter (mm)	وزن تر بنه مادری Corm fresh weight (g)	وزن تر بنه دختری Cormel fresh weight (g)
آب مقطر (شاهد) Distilled water (Control)	30.13 <sup>bc</sup>	26.75 <sup>a</sup>	21.43 <sup>a</sup>	9.87 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1.62 <sup>a</sup>
۲۵۰ میلی‌گرم نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 250 mg.lit <sup>-1</sup>	31.25 <sup>abc</sup>	24.25 <sup>a</sup>	15.59 <sup>a</sup>	7.92 <sup>a</sup>	2.91 <sup>a</sup>	1.46 <sup>a</sup>
۵۰۰ میلی‌گرم نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 500 mg.lit <sup>-1</sup>	28 <sup>c</sup>	23.12 <sup>a</sup>	20.95 <sup>a</sup>	10.18 <sup>a</sup>	3.67 <sup>a</sup>	1.94 <sup>a</sup>
۱۰۰۰ میلی‌گرم نیترات پتاسیم KNO <sub>3</sub> 1000 mg.lit <sup>-1</sup>	30.38 <sup>bc</sup>	29.88 <sup>a</sup>	19.61 <sup>a</sup>	12.16 <sup>a</sup>	4.92 <sup>a</sup>	2.26 <sup>a</sup>
۰/۵ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک salicylic acid 0.5 mM	32.05 <sup>abc</sup>	28.75 <sup>a</sup>	19.41 <sup>a</sup>	10.60 <sup>a</sup>	3.89 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>
۱ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک salicylic acid 1 mM	34.88 <sup>ab</sup>	30.38 <sup>a</sup>	20.36 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	3.56 <sup>a</sup>	1.82 <sup>a</sup>
۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک salicylic acid 2 mM	37.75 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	18.68 <sup>a</sup>	9.10 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	1.86 <sup>a</sup>

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.  
In each column and for each factor, means followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Tes

### نتیجه‌گیری

باشد. در مجموع، با توجه به این که ترکیبات فنولیکی موجب تسهیل در جذب عناصر غذایی می‌شوند و نقش مثبتی نیز در فعالیت‌های فتوسنتزی و آنزیم‌های مربوط به فتوسنتز دارند و از طرفی باعث انتقال بهتر شیره پرورده از منبع به مخزن می‌شوند، رشد بهتر و عملکرد بیشتر گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک دور از انتظار نمی‌باشد.

نتایج آزمایش کنونی حاکی از تأثیر مثبت غوطه‌وری بنه زعفران در اسید سالیسیلیک و نیترات پتاسیم، روی خصوصیات رشدی و عملکرد زعفران بود. از این‌رو، استفاده از شبه هورمون‌های گیاهی می‌تواند ضمن تأمین مناسب بخشی از نیاز غذایی گیاه در راستای تولید پایدار زعفران نقش مثبتی داشته

- Agarawal, S., Sairam, R.K., Srivasta, G.C., and Meena, R.C. 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscise acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum* 49 (4): 541-550.
- Amir, B.K. 2006. Response of Sword Lily, *Gladiolus* to increase dose of nitrogen and phosphorus. M.Sc Thesis. Sindh Agriculture. University Tando Jam.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- Azizbekova, N.Sh., Milyaeva, E.L., Lobova, N.V., and Chailakhyan, M.Kh. 1976. Effects of gibberellins and kinetin on formation of flower organs in saffron crocus. *Plant physiology* 25: 471-476.
- Azizbekova, N.Sh., Milyaeva, E.L., and Chailakhyan, M.Kh. 1983. Effect of gibberellins on functional activity of dormant saffron buds. *Soviet Plant physiology* 29: 895-900.
- Baker, N.R., and Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany* 55: 1607-1621.
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Jami Al-Ahmadi, M. 2008. Agroecological zoning and potential yield of saffron in Khorasan-Iran. *Journal of Biological Sciences* 8 (2): 298-305.
- Behdani, M.A., and Fallahi, H.R. 2015. Saffron: Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of Birjand Publication. (In Persian).
- Behnia, M.R., Estilai, A., and Ehdai, B. 1999. Application of fertilizers for increased saffron yield. *Journal of Agronomy and Crop Science* 182: 9-15.
- Chrungoo, N.K., and Farooq, S. 1984. Influence of gibberellic acid and naphthalene acetic acid on the yield of saffron and on growth in saffron crocus (*C. sativus* L.). *Indian Journal of Plant physiology* 28: 201-205.
- El-Bassiony, A.M. 2006. Effect of potassium fertilization on growth and physiology of *Gladiolus* bulb. *Journal of Applied Science and Research* 2 (10): 780-785.
- El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 42: 215-224.
- Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, D.J., and Gunes, A. 2008. Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Matador) grown under boron toxicity and salinity. *Plant Growth Regulation* 55: 207-219.
- Gao, D., Cai, K., Chen, J., Luo, S., Zeng, R., Yang, J., and Zhu, X. 2011. Silicon enhances photochemical efficiency and adjusts mineral nutrient absorption in *Magnaporthe oryzae* infected rice plants. *Acta Physiologiae Plantarum* 33: 675-682.
- Ghai, N., Setia, R.C., and Setia, N. 2002. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. (cv. GSL-1). *Phytomorphology* 52: 83-87.
- Ghoname, A., Fawzy, Z.F., El-Bassiony, A.M., Riadand, G.S., and Abd El-Baky, M.M.H. . 2007. Reducing onion bulbs flaking and increasing bulb yield and quality by potassium and calcium application. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 13 (2): 123-133.
- Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C., and Larque-Saavedra, A. 1998. Effects of salicylic

- acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 38 (4): 563-565.
- Horvath, E., Janda, T., Szalai, G., and Paldi, E. 2002. In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isozymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. *Plant Science* 163 (6): 1129-1135.
- Juan, J.A.D., Córcoles, H.L., M-Munoz, R., and Picornell, M. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. *Industrial Crops Production* 30: 212-219.
- Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Plant Physiology* 160: 485-92.
- Khodary, S.E.A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed Maize plant. *International Journal of Agriculture and Biology* 6: 5-8.
- Koocheki, A.R., and Jahan, M. 2009. Effect of bio fertilizer and inorganic fertilizer on generative growth and yield of saffron under high corn density. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in cultivation Research and Economics. 20-24 May. Krokos, Kozani, Greece.
- Krishna, S., Surinder, K., Thind, S.K., and Gurpreet, K. 2004. Interactive effects of phenolics and light intensity on vegetative parameters and yield in soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Environment and Ecology* 22: 390-394.
- Leslie, C.A., and Romani, R.J., 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. *Plant Physiology* 88: 833-837.
- Lichtenthaler, H.K. 1992. The Kaustky effect: 60years of chlorophyll fluorescence induction kinetics. *Photosynthetica* 27: 45-55.
- Lu, C., Qiu, N., Lu, Q., Wang, B., and Kuango, T. 2002. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte *Sueda salsa* grown outdoors? *Plant Science* 163: 1063-1068.
- Majd, A., Maddah, S.M., Fallahian, F., Sabaghpour, S.H., and Chalabian, F. 2006. Comparative study of the effect of salicylic acid on yield, yield components and resistance of two susceptible and resistant chickpea cultivars to *Ascochyta rabiei*. *Iranian Journal of Biology* 19 (3): 314-324. (In Persian with English Summary).
- Mansouri, M., Shoor, M., Tehranifar, A., and Selahvarzi, Y. 2015. Effect of foliar application of salicylic acid and thiamine on quantitative and qualitative characteristics of gerbera (*Gerbera jamesonii* L. cv. Pink Elegance). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 6 (23): 15-24. (In Persian with English Summary).
- 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 KNO<sub>3</sub> on growth and flower production of gladiolus (*Gladiolus hortulanus*). *Journal of Agricultural Technology* 9 (5): 1347-1366.
- Moein, P., and Mortazaeinezhad, F. 2014. The survey of gibberellic acid, kinetin, salicylic acid, treatments on the reproductive traits of Saffron (*Crocus sativus* L.). The 1<sup>st</sup> International Conference on New Idea in Agriculther. Islamic Azad University Khorasgan Brangh. 26-27 Jan. 2014. Isfahan, Iran. (In Persian).
- NadeAli, E., PakNejad, F., Moradi, F., Nasri, M., and Pazuki, A. 2010. Effects of methanol application on sugar beet (*Beta vulgaris*) relative water content, chlorophyll content and

- chlorophyll fluorescence parameters under drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41 (4): 731-740. (In Persian with English Summary).
- Negbi, M. 1999. *Saffron Cultivation: Past, Present and Future Prospects*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam .pp. 1-19.
- Nelson, B.M.N., and Maria, A.B.D. 2006. Physiological and biochemical response of common bean varieties treated with salicylic acid under water stress. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6: 269-277.
- Padmalatha, T. G., Satyanarayana Reddy, R., Chandrasekhar, A., Shankar, S., and Chaturvedi, A. 2013. Effect of pre-planting soaking of corms with chemical and plant growth regulators on dormancy breaking and corm and cormel production in *Gladiolus*. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 3 (1): 28-33.
- Paknejad, F., Nasri, M., Tohidi Moghadam, H.R., Zahedi, H., and Jami Alahmad, M., 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. *Journal of Biological Sciences* 7 (6): 841-847 .
- Pancheva, T.V., Popova, L.P., and Uzunova, A.N. 1996. Effects of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. *Journal of Plant Physiology* 149: 57-63.
- Popova, L., Pancheva, T., and Uzunova, A. 1997. Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role. *Plant Physiology* 23: 85-93.
- 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 (Special issue)* 133- 152.
- Popova, L.P., Maslenkova, L.T., Yordanova, R.Y., Ivanova, A.P., Krantev, A.P., Szalai, G., and Janda, T. 2009. Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* 47: 224-231.
- Rai, V.K., Sharma, S.S., and Sharma, S. 1986. Reversal of ABA-induced stomatal closure by phenolic compounds. *Journal of Experimental Botany* 37: 129-34.
- Ramazan. A., Hafiz, I.A., Ahmad, T., and Abbasi, N.A. 2010. Effect of priming with potassium nitrate and dehusking on seed germination of gladiolus (*Gladiolus Alatus*) *Pakistan Journal of Botany* 42 (1): 247-258.
- Raskin, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43: 439-463.
- Rezvani-Moghaddam, P., Huda, A.K.S., Parvez, Q., and Koochehi, A. 2007. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to medicinal crop production in Khorasan, Iran. *World Association for Sustainable Development Conference Proceedings 2007*. Brisbane, Australia, pp. 105-115.
- Roychowdhury, N., and Roychowdhury, P. 2006. The effect of field application of k on post-harvest behaviour of gladiolus. *International Journal of Horticulture* 3 (1): 33-35.
- Shabala, S.I. 2002. Screening plants for environmental fitness: chlorophyll fluorescence as a “Holy Grail” for plant breeders. In: Hemantaranjan, A., (Ed.), *Advances in Plant Physiology*. Vol. 5. Scientific Publishers, Jodhpur, India, pp. 287-340.
- Sarkar, R.K., and Malik, G.C. 2001. Effect of foliar spray of potassium nitrate and calcium nitrate on grasspea (*Lathyrus sativus* L.) grown in rice fallows. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2: 47-48.
- Sathiyamoorthy, P., and Vivekanandan, M. 2008. Cumulative effects of pre-sowing seed treatment and foliar application of salts in

- improving biomass and grain yield of soybean in moderate saline/alkaline soil. *Journal of Agronomy and Crop Science* 161 (2): 107-113.
- Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bozrutkova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. and Fatkhutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., and Qian, Q. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa*. *Plant Growth Regulation* 48: 127-135.
- Shi, G.R., Cai, Q.S., Liu, Q.Q., and Wu, L. 2009. Salicylic acid-mediated alleviation of cadmium toxicity in hemp plants in relation to cadmium uptake, photosynthesis, and antioxidant enzymes. *Acta Physiologia Plantarum* 31: 969-977.
- 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 of Agricultural Science* 67 (9): 404-406.
- Singh, B., and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress. *Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
- Tammam, A.A. 2003. Response of *Vicia faba* plants to the interactive effect of sodium chloride salinity and salicylic acid treatment. *Acta Agronomica Hungarica* 51 (3): 239-248.
- Tari, I., Csiszar, J., Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M., and Erdei, L. 2002. Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. *Acta Biologica Szegediensis* 46 (3): 55-56.
- Zhou, X., Mackeuzie, A., Madramootoo, C., and Smith, D. 1999. Effect of some injected plant growth regulators with or without sucrose on grain production, biomass and photosynthetic activity of field grown corn plants. *Journal of Agronomy and Crop Science* 183: 103-110.

## Influence of saffron corm soaking in salicylic acid and potassium nitrate on vegetative and reproductive growth and its chlorophyll fluorescence indices

*Mani Jabbari*<sup>1</sup>, *Mehdi Khayyat*<sup>2</sup>, *Hamid Reza Fallahi*<sup>3</sup> and *Alireza Samadzadeh*<sup>4\*</sup>

Submitted: 18 June, 2016

Accepted: 29 September, 2016

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 & Technology* 5(1): 21-35.

### Abstract

Saffron that is an important medicinal plant of Iran is influenced by several environmental stresses. Therefore, the consumption of appropriate hormonal and nutritional compounds can reduce the negative impacts of stresses on it and improve the growth and yield of the plant. For this purposes, an experiment was carried out based on a Randomized Complete Block Design with four replications to study the effect of Salicylic acid (0, 0.5, 1 and 2 mM) and Potassium Nitrate (0, 250,500 and 1000 ml.g<sup>-1</sup>), in the research field station of the College of Agriculture, the University of Birjand, Iran, in the growing season of 2015. The indices evaluated included flower and corolla fresh weight, stigma weight and length, leaf length, corm and cormel weights and diameter, chlorophyll fluorescence parameters and total chlorophyll content. The results showed that the highest amounts of Fv, Fv/Fm, F'v/F'm (117, 0.27 and 0.44, respectively), total chlorophyll (0.85 µg.g fresh weight), flower and corolla fresh weight (36.9 and 32.1 g.m<sup>-2</sup>, respectively), stigma weight (4.2 g.m<sup>-2</sup>) and length (29.6 mm) and leaf length (37.7 cm) were obtained at 2 mM level of salicylic acid, while the highest F'm was recorded at 0.5 mM salicylic acid. In addition, pretreatment with 1000 mg.l<sup>-1</sup> potassium nitrate increased the amounts of cormel weight and diameter by 30% and 19% compared with the control, respectively. Generally, the results of this experiment indicated an enhancement in saffron growth and yield, affected by corms soaking in salicylic acid and potassium nitrate.

**Keywords:** Corm, flower yield, quantum yield, stigma, total chlorophyll, variable fluorescence.

1- M.Sc. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

2- Assistant Professor Department of Horticultural Science, Regional Institute of Special Plants, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Regional Institute of Special Plants, 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: arsamadzadeh@birjand.ac.ir)

DOI: 10.22048/jsat.2017.38893