Arc SID

نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد ششم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۷
شماره صفحه: ۲۱۸-۲۰۳
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1290.1051

تأثیر اسید سالیسیلیک و روش‌های کاربرد بر عملکرد بنه‌های دختری و خصوصیات فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus* L.)

شیرین انصاریان مهابادی[۱]، ایرج اله‌دادی[۲]، مجید قربانی جاوید[۳]* و الیاس سلطانی[۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران
۲- استاد گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران
۳- استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: mjavid@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۷

چکیده

اسید سالیسیلیک یکی از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی است که در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه نقش دارد. به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و روش‌های کاربرد آن و نیز وزن بنه مادری بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی زعفران آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی زعفران پردیس ابوریحان دانشگاه تهران اجرا شد. تیمارها شامل فاکتور اول روش کاربرد هورمون (پرایمینگ بنه، محلول‌پاشی برگ) به عنوان کرت اصلی، فاکتور دوم هورمون اسید سالیسیلیک در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و فاکتور سوم دو وزن بنه ریز (۵-۳ گرم) و درشت (۱۰-۸ گرم) به عنوان کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (شامل کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها)، پروتئین‌های محلول بنه، پروتئین‌های محلول برگ، هیدرات‌های کربن برگ، وزن تر و تعداد بنه‌های دختری با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک افزایش یافت. وزن بنه بزرگ‌تر نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان این صفات داشت. همچنین هیدرات‌های کربن بنه نیز با کاربرد هورمون نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین میزان هیدرات‌های کربن برگ، پروتئین‌های محلول بنه، پروتئین‌های محلول برگ، طول برگ، سطح برگ و تعداد بنه دختری در روش کاربرد به صورت پرایمینگ بنه به ترتیب به میزان ۴/۹، ۱/۸، ۱/۶ میلی‌گرم وزن تر نمونه، ۲۵۲، ۳۱۸ میلی‌متر و ۱۳/۵ بنه دختری بدست آمد. بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید مربوط به روش کاربرد هورمون به صورت محلول‌پاشی برگی به ترتیب به میزان ۱۲، ۹/۵ و ۱/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بدست آمد. همچنین بیشترین میزان هیدرات‌های کربن بنه و وزن تر بنه‌های دختری مربوط به روش کاربرد هورمون به صورت محلول‌پاشی برگی به ترتیب به میزان ۵/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و ۲۰/۴ گرم بدست آمد. به طور کلی، نتایج حاکی از اثر مثبت کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک (۱ و ۲ میلی‌مولار) با هر دو روش کاربرد و اندازه بنه درشت‌تر بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مورد بررسی در این پژوهش بر گیاه زعفران داشت.

واژه‌های کلیدی: پرایمینگ بنه، پروتئین‌های محلول، تنظیم‌کننده رشد، محلول‌پاشی برگی، هیدرات‌های کربن کل

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گیاه دارویی و ادویه‌ای مهم و راهبردی در ایران و جهان به دلیل عطر، طعم و رنگ از قدیم ارزش فراوانی داشته (Ghorbani & Koocheki, 2006) و از جمله گیاهانی است که نقش قابل توجهی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک خراسان رضوی و جنوبی دارد (Azizi-Zohan et al., 2008). با وجود قدمت کشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات زراعی رایج در کشور، این گیاه از فناوری‌های نوین سهم کمتری داشته و تولید آن بیشتر متکی بر دانش بومی بوده است (Koocheki, 2004).

یکی از روش‌های افزایش ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی را می‌توان کاربرد مواد تنظیم‌کننده رشد دانست. این مواد در تمام جنبه‌های چرخه حیاتی گیاه کاربرد دارند و می‌توانند اثر عمیقی بر واکنش‌های گیاه داشته باشند (Creelman et al., 1997). یکی از مهم‌ترین ترکیباتی که در این زمینه شناسایی شده، اسید سالیسیلیک است. اسید سالیسیلیک متعلق به گروهی از ترکیبات فنولی است که به طور وسیعی در گیاهان وجود دارد و امروزه ماده‌ای شبه هورمونی محسوب می‌شود که عامل مهمی در رشد و نمو گیاهان است (Sheligl, 1989). این ماده، با کاربرد بیرونی، در برخی از صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان دخالت دارد (Hayat et al., 2009). اسید سالیسیلیک نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل بسته شدن روزنه، افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل ایفاء می‌کند. این ترکیب در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) باعث افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید و میزان فتوسنتز شد. (Vazirimehr & Rigi, 2014).

از آنجا که تکثیر زعفران از طریق بنه صورت می‌گیرد، انتخاب و تهیه بنه برای زراعت این محصول، مهم بوده و کمیت و کیفیت آن بستگی زیادی به کیفیت و ماهیت بنه دارد. با افزایش وزن بنه‌های کشت شده، بر تعداد گل‌ها افزوده شده و لذا استفاده از بنه‌هایی با وزن بیشتر برای حداکثر تولید توصیه می‌گردد (Koocheki, 2004). نتایج تحقیقی نشان داد که کاشت بنه‌های درشت‌تر به دلیل اندازه و ذخائر غذایی بیشتر باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، قند، پروتئین‌ها و عملکرد زعفران حتی در سال اول رشد گردید (Ghobadi et al., 2015).

با آغشته‌سازی (خیساندن)، دانه‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) در 10^{-5} مولار از اسید سالیسیلیک رنگدانه‌های فتوسنتزی افزایش یافتند (Hayat et al., 2005). در پژوهش دیگر محلول‌پاشی برگی سالیسیلیک اسید بر گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، بر مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها افزوده است (Moosavi et al., 2009). تأثیر اسید سالیسیلیک بر کاهش اثر منفی تنش‌های محیطی به عواملی مانند نوع گونه گیاهی، مرحله نموی گیاه، روش کاربرد و میزان غلظت اسید سالیسیلیک بستگی دارد (Borsani et al., 2010). کاربرد اسید سالیسیلیک و استیل اسید سالیسیلیک و اسید جنتیسیک یا آنالوگ‌های دیگر اسید سالیسیلیک، در برگ‌های ذرت و سویا باعث افزایش سطح برگ و محصول خشک آن شد (Khan et al, 2003). اسید سالیسیلیک در گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.)، باعث بهبود فتوسنتز و افزایش هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری گردید (Stevens et al,. 2006). کاربرد بیرونی اسید سالیسیلیک در گیاه هویج (*Daucus carota* L.) در شرایط شوری و سمیت بور، میزان رشد، وزن خشک ریشه، میزان کاروتنوئیدها، آنتوسیانین و همچنین فعالیت آنتی اکسیدانی را در شاخساره ریشه‌های ذخیره‌ای افزایش و همچنین باعث کاهش تجمع یون‌های سمی بور و کلر در این گیاه گردید (Eraslan et al., 2007). نتایج بررسی اثر هومون اکسین در غلظت یک گرم در لیتر و سولفات مس با غلظت ۰/۱ میلی‌گرم نشان داد که هورمون تعداد ریشه، وزن خشک برگ و ریشه زعفران را افزایش داد (Rezvani, 2014). همچنین غوطه‌وری بنه زعفران با هورمون اسید سالیسیلیک در غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار منجر به افزایش صفات زایشی و عملکرد گردید (Jabbari et al., 2017).

تحقیقات متعددی در مورد روش‌های کاربرد تنظیم-کننده‌های رشد بر گیاهان مختلف صورت گرفته، اما تحقیقات در زمینه روش‌های کاربرد اسید سالیسیلیک بر گیاه زعفران اندک بوده است، بنابراین، این پژوهش با هدف بررسی اثر هورمون اسید سالیسیلیک و روش‌های کاربرد آن به‌صورت پرایمینگ بنه قبل از کشت و محلول‌پاشی برگی در اوج برگ‌دهی و وزن بنه بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه زعفران به اجرا در آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی زعفران پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شرق استان تهران در شهرستان پاکدشت با مختصات طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۷۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۲۹ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ به اجرا درآمد. قبل از اجرای آزمایش از چندین نقطه از مزرعه نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1. Physical and chemical properties of field soil

محتوی ماده آلی (٪) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	بافت Texture	شاخص واکنش pH
0.48	1.6	155.13	28.3	0.05	لومی شنی Loamy Sand	7.42

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل روش کاربرد هورمون بصورت پرایمینگ بنه قبل از کشت و محلول‌پاشی برگ در مرحله پس از گلدهی و اوج رشد برگ‌ها به عنوان فاکتور کرت اصلی، هورمون سالیسیلیک اسید در سه سطح (صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) و دو وزن بنه زعفران شامل بنه‌های ریز (۵-۳ گرم) و درشت (۱۰-۸ گرم) به عنوان فاکتورهای کرت فرعی، مورد مطالعه قرار گرفتند.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و دیسک در اوایل اسفند ۱۳۹۴ انجام و پس از تسطیح زمین کرت‌هایی به ابعاد یک در دو متر ایجاد شد. در هر کرت نیز چهار ردیف کشت در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بنه‌ها روی ردیف کاشت ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بنه‌های زعفران، اکوتیپ مرغوب تربت حیدریه بود.

قبل از کشت، بنه‌ها با ترازوی دیجیتالی توزین و به دو دسته بنه کوچک و بنه بزرگ تقسیم شدند. هر دسته نیز به سه قسمت مساوی تقسیم گردید. دو قسمت از بنه‌ها با اسید سالیسیلیک ۱ و ۲ میلی‌مولار، آب و حلال (الکل اتانول) پرایمینگ شدند و یک قسمت بنه‌ها به‌عنوان شاهد فقط در آب و حلال (الکل اتانول) خیسانده شده و بدون کاربرد هورمون استفاده گردید. پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه‌ها با محلول ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌طور مجزا به مدت سه ساعت در شرایط تاریکی قبل از کشت انجام شد. کاشت بنه‌ها در عمق ۱۵ سانتی‌متری در شهریور ماه صورت گرفت.

اولین آبیاری در اواخر شهریور ماه انجام پذیرفت. ظهور اولین گل در اوایل آبان‌ماه و خاتمه گل‌دهی اواخر آذرماه بود. محلول‌پاشی برگی پس از گل‌دهی صورت گرفت. برای جذب سطحی بیشتر، اسید سالیسیلیک با سورفکتانت ترکیب و محلول‌پاشی در نیمه بهمن ماه در اوج برگ‌دهی به مدت سه روز متوالی با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک صورت گرفت. مقدار محلول مصرفی در هر نوبت، پنج لیتر محلول ۱ و ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی به صورت اسپری دست‌پاش در عصر انجام گردید؛ به طوری‌که سطح برگ گیاه کاملاً خیس گردید.

نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری صفات بعد از محلول‌پاشی برگ در اوایل اسفند ماه انجام شد. صفات طول برگ، سطح برگ، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a به b)، هیدرات‌های کربن کل برگ، پروتئین‌های محلول برگ، هیدرات‌های کربن کل بنه، پروتئین‌های محلول بنه، تعداد بنه‌های دختری و وزن تر بنه‌های دختری اندازه‌گیری و یادداشت‌برداری شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین تعداد و وزن تر بنه دختری سه بوته از هر کرت برداشت شد. تعداد بنه‌های دختری در هر بوته شمارش و متوسط تعداد آنها در نظر گرفته شد. وزن تر بنه‌های دختری در هر بوته با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ بر حسب گرم محاسبه و میانگین وزن تر بنه دختری سه بوته در محاسبات در نظر گرفته شد.

برای اندازه‌گیری صفات برگ نیز سه نمونه از هر کرت انتخاب شد و میانگین آنها برای اندازه‌گیری طول و سطح برگ در نظر گرفته شد. طول برگ با خط‌کش بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه (WinDIAS Leaf Area Meter System, Delta T) ساخت انگلستان استفاده شد.

به منظور اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی از روش آرنـن (Arnon, 1949) استفاده شد. بر اساس این روش، یک گرم از بـرگ تازه هر نمونه با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هـاون سـاییده شـد. این عصاره از کاغذ واتمن شماره دو عبور داده و بخش باقیمانـده روی کاغذ صافی دوباره با ۱۰ میلی‌لیتر اسـتون ۸۰ درصـد سـاییده شـد، به‌طوری‌که نمونه برگ کاملاً بی‌رنگ گردید. این عصاره نیـز بـر روی عصاره قبلی، صاف و سپس به حجم ۲۰ میلـی‌لیتـر رسـانیده شد. مقدار جذب توسط دستگاه طیف سنج نوری در طول موج‌های ۶۴۶/۶ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۶۳/۶ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید ثبت گردید. در نهایت با استفاده از معادله‌های ۱ تا ۳ در ذیل میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه تعیین گردید.

معادله (۱)

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) V/100W$$

معادله (۲)

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V/100W$$

معادله (۳)

$$\text{Carotenoids} = 100(A_{470}) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104 (\text{mg chl.b}) /227$$

که در این معادله‌ها، V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳/۶، ۶۴۶/۶ و ۴۷۰ نانومتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشد.

برای سنجش هیدرات‌های کربن کل از روش آنترون با کمی تغییرات استفاده شد (Caroll et al., 1956). برای این منظور، از هر گیاه در هر تیمار یک برگ و در بنه قسمتی از بافت بنه برداشت و سپس ۰/۰۵ گرم از بافت تازه برگ و بنه در هاون چینی ساییده و پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه شد. سپس قسمت بالای محلول جدا شده و رسوبات باقی‌مانده دوباره توسط پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد شستشو داده و قسمت بالایی آن به محلول قبلی اضافه گردید. عصاره استخراج شده به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفوژ ۴۵۰۰ دور در دقیقه شده و بعد از جدا کردن فاز بالایی مایع، عصاره الکلی حاصل برای اندازه‌گیری کربوهیدرات استفاده گردید.

به منظور تعیین قندهای محلول کل ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره برداشته و به آن سه میلی‌لیتر آنترون (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون خالص+۱۰میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد) تازه اضافه شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده تا واکنش انجام و عصاره رنگی شود و پس از خنک شدن جذب در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری مدل Perkinelmer-7800 قرائت شد. از گلوکز خالص با غلظت‌های صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ پی‌پی‌ام به عنوان استاندارد استفاده شد. کلیه مراحل فوق برای بنه زعفران نیز انجام و غلظت محتوای کربوهیدرات کل بنه زعفران نیز محاسبه شد.

برای سنجش غلظت پروتئین‌های محلول برگ و بنه از روش برادفورد استفاده شد (Bradford, 1976). برای تهیه محلول برادفورد، ابتدا ۱۰۰ میلی‌گرم از کوماسی بریلیانت بلو از نوع G-۲۵۰ به ۵۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد اضافه گردید. سپس محلول به خوبی به هم خورده و سپس ۱۰۰ میلی‌لیتر ارتوفسفریک اسید ۸۵ درصد به محلول قبلی اضافه شد. حجم نهایی محلول با آب مقطر به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رسانده و در نهایت، محلول تهیه شده صاف شده و در فویل پیچیده و یا در ظرف تیره رنگ در یخچال به مدت ۳۰ روز قابل نگهداری است. در ایـن روش با اسـتفاده از محلـول تـریس، پـروتئین‌ها از بافـت تـازه گیاهی (برگ و بنه) استخراج و با محلـول کوماسـی برلیانـت بلـو (معـرف بیوراد) رنگ‌آمیزی شده و سـپس میـزان جـذب نـوری ایـن محلول در طول موج ۵۹۵ نانومتر در دستگاه طیف‌سنج نوری قرائت شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزار Minitab استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 صورت گرفت. نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شده و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده روش کاربرد (پرایمینگ و محلول‌پاشی) به عنوان اثر اصلی بر کلیه صفات به جز غلظت کلروفیل a و میزان کاروتنوئید معنی‌دار بود. اثر ساده اسید سالیسیلیک و وزن بنه بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. اثر متقابل دوگانه اسید سالیسیلیک در وزن بنه فقط بر صفت سطح برگ معنی‌دار نشد. اثر متقابل دوگانه اسید سالیسیلیک در روش کاربرد بر کلیه صفات بجز وزن تر بنه دختری، پروتئین‌های محلول برگ و پروتئین‌های محلول بنه معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل دوگانه وزن بنه در روش کاربرد فقط بر صفات سطح برگ و نسبت کلروفیل a به b معنی‌دار نشد. اثر متقابل سه‌گانه صفات نیز بر کلیه صفات به جز نسبت کلروفیل a به b و تعداد بنه دختری معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر وزن بنه، سطوح اسید سالیسیلیک و روش کاربرد بر صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی زعفران

Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for the effects of corm weight, salicylic acid concentration and application method on biochemical and physiological traits of saffron

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کربوهیدرات‌های کل برگ Total carbon hydrates of leaf	پروتئین‌های محلول برگ Soluble proteins of leaf	طول برگ Leaf length	سطح برگ Leaf area	کربوهیدرات‌های کل بنه Total carbon hydrates of corm	پروتئین‌های محلول بنه Soluble proteins of corm
تکرار Replication	2	0.092^{*}	0.019*	29.7^{ns}	566.7^{ns}	0.08^{*}	0.07^{*}
روش کاربرد (A) Application method (A)	1	1.73^{**}	0.08^{**}	10712^{*}	12622^{**}	0.15^{*}	0.06^{**}
خطای اصلی (a) Main error (a)	2	0.035^{ns}	0.019*	495.6^{**}	1924^{*}	0.15^{*}	0.014^{*}
غلظت‌های اسید سالیسیلیک (B) Salicylic acid concentrations (B)	2	3.16^{**}	0.51^{**}	4892^{**}	9485.9^{**}	2.84^{**}	0.5^{**}
وزن بنه (C) Corm weight (B)	1	0.76^{**}	0.81^{**}	2483.3^{**}	8689.5^{**}	0.8^{**}	0.72^{**}
A×B	2	0.98^{**}	0.004^{ns}	2503^{**}	1378.8^{**}	0.85^{**}	0.009^{ns}
A×C	1	0.2^{*}	0.18^{**}	4.7^{ns}	10795.8^{**}	0.2^{*}	0.12^{**}
B×C	2	0.75^{**}	0.025^{*}	117.7^{*}	598^{ns}	0.9^{**}	0.03^{*}
A×B×C	2	0.62^{**}	0.04^{**}	74.2^{*}	1068.6^{*}	0.4^{**}	0.05^{**}
خطای فرعی (b) Sub error (b)	20	0.1	0.017	64.8	946.6	0.09	0.014
ضریب تغییرات CV (%)		7.5	12.6	3.7	12.3	6.9	9.6

ns، ** و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, ** and *: not significant, significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	نسبت کلروفیل a به b Chlorophyll ratio a to b	وزن تر بنه‌های دختری در بوته Fresh weight of daughter corm per plant	تعداد بنه‌های دختری در بوته Number of daughter corms per plant
تکرار Replication	2	6.3**	1.4*	0.008^{ns}	0.04^{ns}	3.8^{ns}	8.8*
روش کاربرد (A) Application method (A)	1	0.001^{ns}	1.6*	0.02^{ns}	0.15*	48.7**	2.8^{ns}
خطای (a) Error (a)	2	.8^{ns}	0.1^{ns}	0.04*	0.08*	52.8**	18.8*
اسید سالیسیلیک (B) Salicylic acid (B)	1	53.6**	68.4**	0.8**	0.35**	59.6**	16.4*
وزن بنه (C) Corm weight (B)	1	73.3**	21.25**	0.23**	0.18*	243.3**	152**
A×B	2	8.24**	6.9**	0.27**	0.23**	2.9^{ns}	8*
A×C	1	3.35*	5.3**	0.28**	.005^{ns}	19**	4^{ns}
B×C	2	3*	9.24**	0.26**	.17*	6.2*	13.8*
A×B×C	2	14**	4*	0.08*	.12^{ns}	15.2**	2.3^{ns}
خطای(b) Error (a)	20	1.75	1.6	0.05	.07	5.8	8.9
ضریب تغییرات CV (%)		16.7	20.7	33.3	20.6	19.2	26.2

^{ns}، **و *: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

^{ns}, ** and *: not significant, significant at 1 and 5% probability levels, respectively.

تعداد بنه دختری در هر بوته با کاربرد اسید سالیسیلیک در بنه‌های بزرگ و کوچک افزایش یافت و مقدار آن در وزن بنه بزرگ‌تر و در غلظت اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار بیشتر بود. همچنین تعداد بنه دختری در روش کاربرد به صورت پرایمینگ بنه بیشتر از محلول‌پاشی برگی بود و با کاربرد اسید سالیسیلیک در هر دو روش کاربرد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۶). نسبت کلروفیل a به b در وزن بنه بزرگ‌تر بیشتر بود و با کاربرد اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد کاهش یافت. همچنین با توجه به نتایج نسبت کلروفیل a به b با کاربرد هورمون نسبت به شاهد کاهش یافت و در پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه با غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت دو میلی‌مولار بیشتر بود (جدول ۶).

میزان کربوهیدرات بنه با کاربرد هورمون نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد و بیشترین مقدار آن در محلول‌پاشی برگی با غلظت دو میلی‌مولار و وزن بنه بزرگ‌تر ($a_1b_3c_2$) با ۵/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بود (شکل ۱). هیدرات‌های کربن برگ نیز با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک و وزن بنه درشت افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار آنها مربوط به تیمار پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار و وزن بنه بزرگ‌تر به میزان ۴/۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بود (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه تیمارها بر تعداد بنه دختری و نسبت کلروفیل a به b در گیاه زعفران

Table 3. The means comparison of dual effects of treatments on number of daughter corm and chlorophyll a:b ratio of saffron

اثر متقابل دوگانه BC	تعداد بنه دختری در بوته Number of daughter corms per plant	کلروفیل a به b Chlorophyll a:b ratio	اثر متقابل دوگانه AB	تعداد بنه دختری در بوته Number of daughter corms per plant	کلروفیل a به b Chlorophyll a:b ratio
b_1c_1	9.5^{b}	1.3^{b}	a_1b_1	9.6^{b}	1.4^{ab}
b_1c_2	11^{b}	1.7^{a}	a_2b_1	11^{ab}	1.59^{a}
b_2c_1	8.8^{b}	1.4^{ab}	a_1b_2	12^{ab}	1.17^{c}
b_2c_2	13.8^{a}	1.3^{b}	a_2b_2	10.6^{ab}	1.58^{ab}
b_3c_1	9.8^{b}	1^{b}	a_1b_3	11.8^{a}	1.2^{bc}
b_3c_2	15.5^{a}	1.26^{b}	a_1b_2	13.5^{a}	1.1^{bc}

*برای هر سطح و در هر ستون میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

**For each level and each column the means followed by the same letters are not significant different using LSD's test at 5% probability level.

روش کاربرد (a) (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)

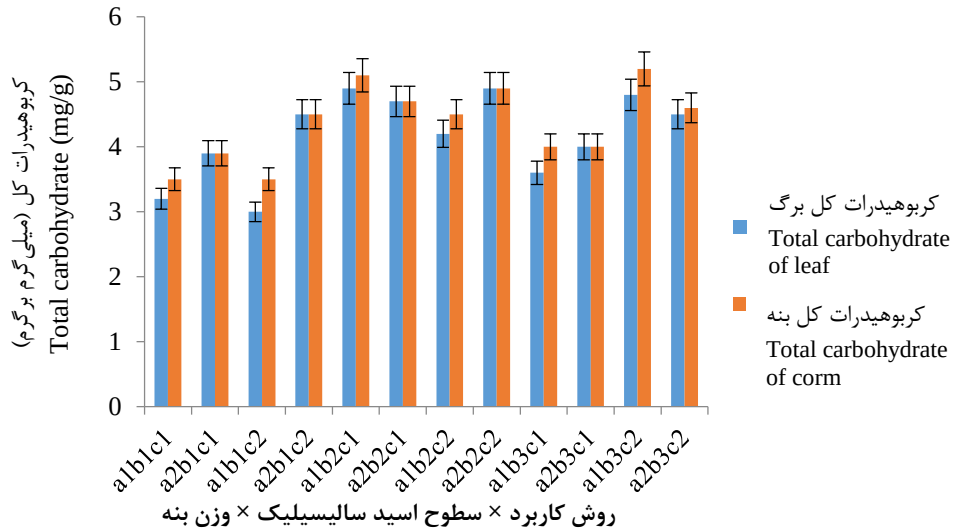
Application technique (A) (a_1= foliar application and a_2= corm priming)

اسید سالیسیلیک (b) (b_1= ۰، b_2= ۱ و b_3= ۲ میلی‌مولار)

Salicylic acid (B) (b_1= 0 mM, b_2= 1 mM and b_3= 2 mM)

وزن بنه مادری (c) (c_1= ۳-۵ گرم و c_2= ۸-۱۰گرم)

Mother corm weight (C) (c_1= 3-5 g and c_2= 8-10 g)



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل روش کاربرد (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)، غلظت‌های اسید سالیسیلیک (b_1= ۰ میلی‌مولار، b_2= ۱ میلی‌مولار و b_3= ۲ میلی‌مولار) و وزن بنه مادری (c_1= کوچک و c_2= بزرگ) بر هیدرات‌های کربن کل برگ و بنه (میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) زعفران

Fig. 1. Mean comparisons for interaction effect of application method (foliar spraying (a_1) and corm priming (a_2)), salicylic acid concentrations (b_1= 0 mM, b_2=1 and b_3= 2 mM) and mother corm weight (small (c_1) and big size (c_2)) on total carbohydrates of leaf and corm (mg.g^{-1} fw) of saffron

www.SID.ir

Archive of SID

میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها) با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک و وزن بنه بزرگ افزایش پیدا کرد. میزان کلروفیل a در غلظت دو میلی‌مولار نسبت به یک میلی‌مولار و شاهد در دو سطح بنه و روش کاربرد بیشتر بود. بیشترین مقدار کلروفیل a و کلروفیل b مربوط به محلول‌پاشی برگی با غلظت دو میلی‌مولار و وزن بنه بزرگ ($a_1b_3c_2$) به ترتیب به مقدار ۱۲ و ۹/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بود. بیشترین مقدار کاروتنوئیدها مربوط به تیمار محلول‌پاشی برگی با غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در بنه بزرگ‌تر ($a_1b_2c_2$) به میزان ۱/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بود (شکل ۲).

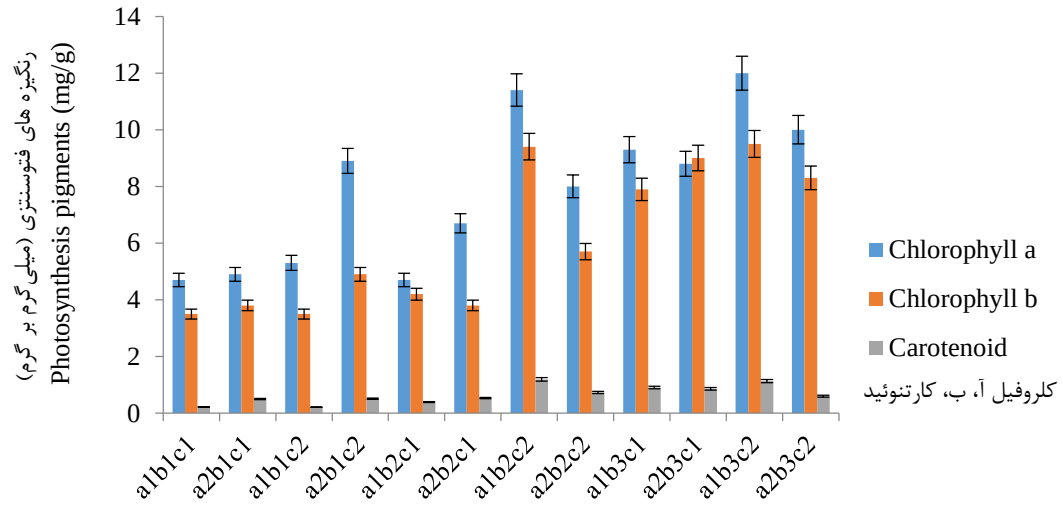
میزان پروتئین‌های محلول بنه نیز با کاربرد اسید سالیسیلیک و بنه درشت‌تر افزایش یافت و بیشترین مقدار آن مربوط به پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار در بنه‌های بزرگ ($a_2b_2c_2$) به میزان ۱/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بود (شکل ۳).

میزان پروتئین‌های محلول برگ نیز با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک و بنه درشت‌تر افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه با اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار در بنه بزرگ‌تر به میزان ۱/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه بود (شکل ۳).

میزان وزن تر بنه‌های دختری در هر بوته با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک و وزن بنه بیشتر افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار محلول‌پاشی بنه با غلظت دو میلی‌مولار در بنه بزرگ‌تر به میزان ۲۰/۴ گرم بود (شکل ۴).

میزان سطح برگ با کاربرد هورمون افزایش یافت. بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه با اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار در وزن بنه بزرگ ($a_2b_3c_2$) به میزان ۳۱۸ میلی‌متر بود (شکل ۵).

طول برگ با کاربرد هورمون و بنه بزرگ‌تر افزایش یافت و میزان آن در دو سطح وزن بنه و دو روش کاربرد در غلظت دو میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد و یک میلی‌مولار بیشتر بود. همچنین در تعیین بهترین روش کاربرد برای صفت طول برگ میزان آن در پرایمینگ بنه بیشتر از محلول‌پاشی برگی بود. بیشترین میزان آن در پرایمینگ (آغشته‌سازی) بنه با اسید سالیسیلیک دو میلی‌مولار در بنه بزرگ‌تر به میزان ۲۵۲ میلی‌متر بود (شکل ۶).



روش کاربرد × سطوح اسید سالیسیلیک × وزن بنه

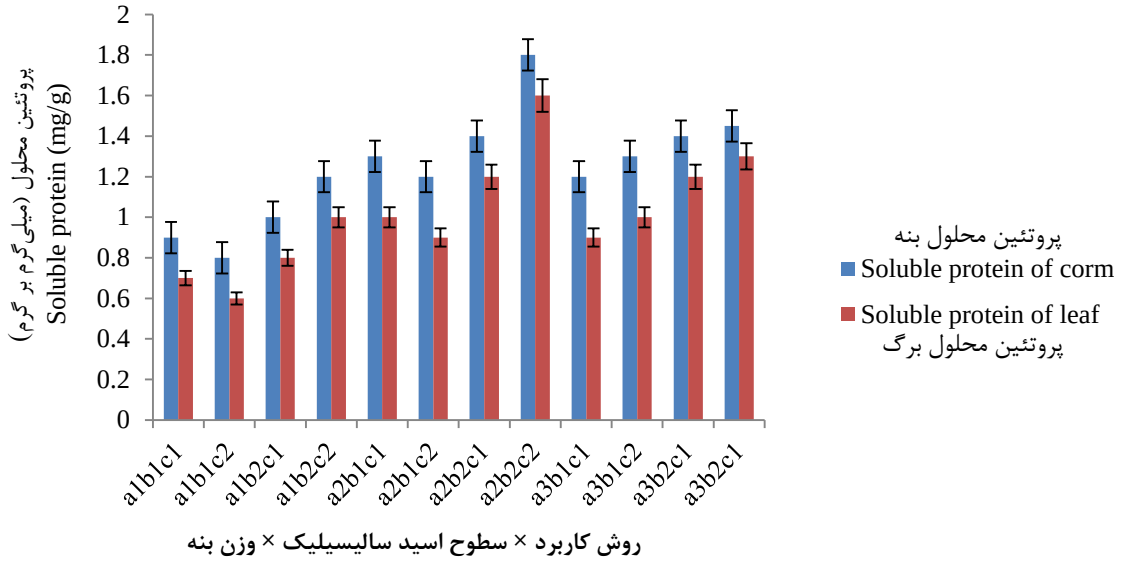
Application method×Salicylic acid levels×Corm weight

شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل روش کاربرد (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)، غلظت‌های اسید سالیسیلیک (b_1= ۰ میلی‌مولار، b_2= ۱ میلی‌مولار و b_3= ۲ میلی‌مولار) و وزن بنه مادری (c_1= کوچک و c_2= بزرگ) بر محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) زعفران

Fig. 2. Mean comparisons for interaction effect of application method (foliar (a_1) and corm priming (a_2)), salicylic acid concentrations (b_1= 0 mM, b_2=1 and b_3= 2 mM) and mother corm weight (small (c_1) and big size (c_2)) on Chlorophyll a, Chlorophyll b, Carotenoid (mg.g^{-1} fw) of saffron

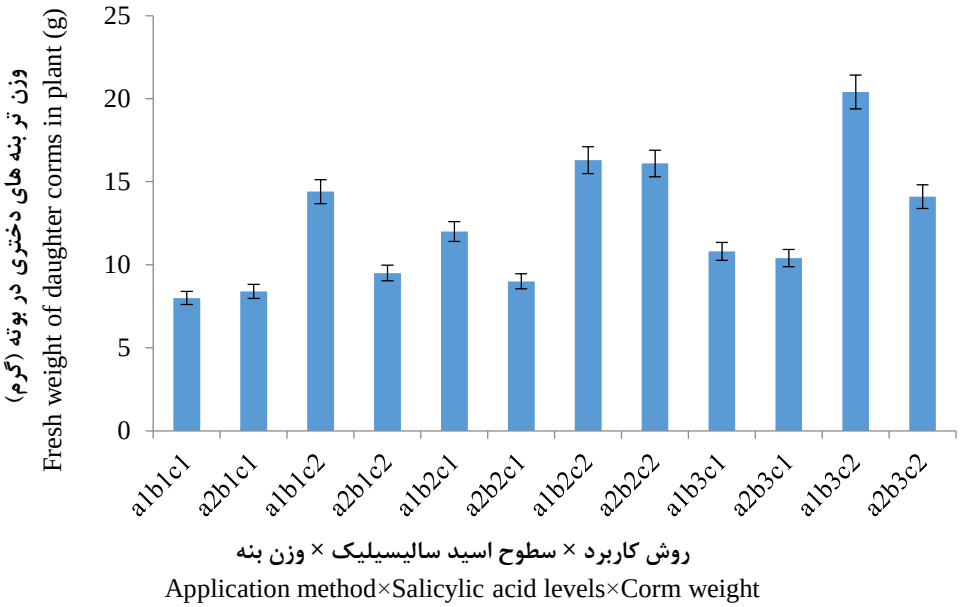
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل روش کاربرد (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)، غلظت‌های اسید سالیسیلیک (b_1= ۰ میلی‌مولار، b_2= ۱ میلی‌مولار و b_3= ۲ میلی‌مولار) و وزن بنه مادری (c_1= کوچک و c_2= بزرگ) بر محتوای پروتئین‌های محلول برگ و بنه (میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه) زعفران

Fig. 3. Mean comparisons for interaction effect of application method (foliar (a_1) and corm priming (a_2)), salicylic acid concentrations (b_1= 0 mM, b_2=1 and b_3= 2 mM) and mother corm weight (small (c_1) and big size (c_2)) on Soluble proteins of leaf and corm (mg.g^{-1} fw) of saffron

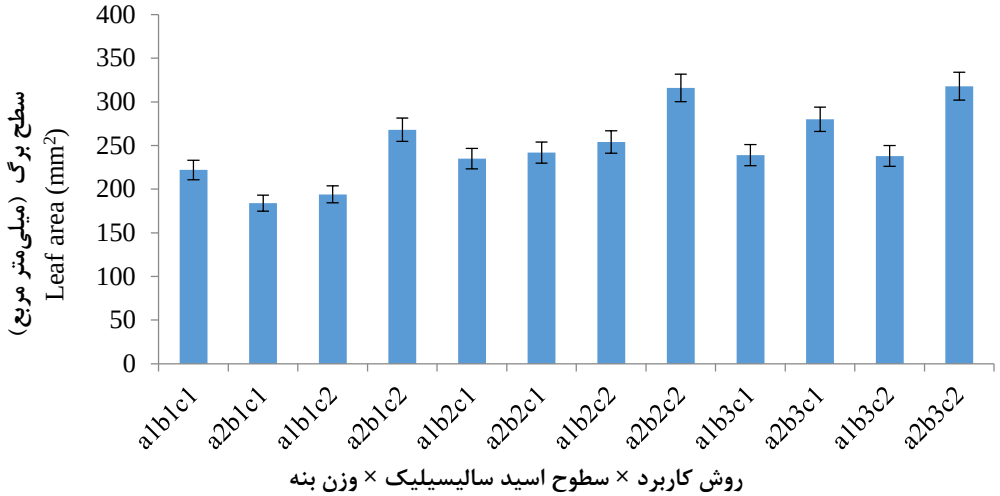


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل روش کاربرد (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)، غلظت‌های اسید سالیسیلیک (b_1= ۰ میلی‌مولار، b_2= ۱ میلی‌مولار و b_3= ۲ میلی‌مولار) و وزن بنه مادری (c_1= کوچک و c_2= بزرگ) بر وزن تر بنه‌های دختری در بوته (گرم) زعفران

Fig. 4. Mean comparisons for interaction effect of application method (foliar (a_1) and corm priming (a_2)), salicylic acid concentrations (b_1= 0 mM, b_2=1 and b_3= 2 mM) and mother corm weight (small (c_1) and big size (c_2)) on fresh weight of daughter corm per plant (g) of saffron

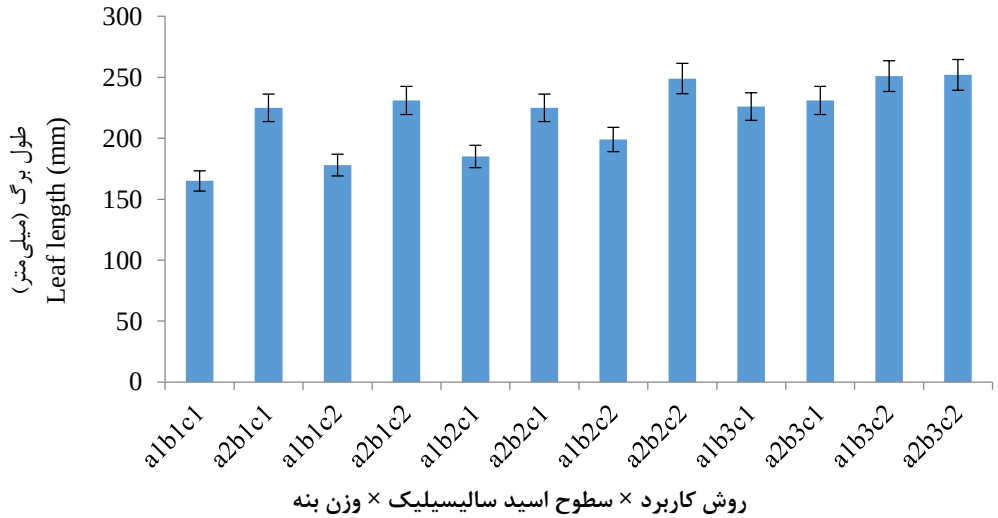
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل روش کاربرد (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)، غلظت‌های اسید سالیسیلیک (b_1= ۰ میلی‌مولار، b_2= ۱ میلی‌مولار و b_3= ۲ میلی‌مولار) و وزن بنه مادری (c_1= کوچک و c_2= بزرگ) بر سطح برگ زعفران (میلی‌متر مربع) زعفران

Fig. 5. Mean comparisons for interaction effect of application method (foliar (a_1) and corm priming (a_2)), salicylic acid concentrations (b_1= 0 mM, b_2=1 and b_3= 2 mM) and mother corm weight (small (c_1) and big size (c_2)) on leaf area (mm^2) of saffron



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل روش کاربرد (a_1= محلول‌پاشی برگی و a_2= پرایمینگ بنه)، غلظت‌های اسید سالیسیلیک (b_1= ۰ میلی‌مولار، b_2= ۱ میلی‌مولار و b_3= ۲ میلی‌مولار) و وزن بنه مادری (c_1= کوچک و c_2= بزرگ) بر طول برگ (میلی‌متر) زعفران

Fig. 6. Mean comparisons for interaction effect of application method (foliar (a_1) and corm priming (a_2)), salicylic acid concentrations (b_1= 0 mM, b_2=1 and b_3= 2 mM) and mother corm weight (small (c_1) and big size (c_2)) on Length of leaf (mm) of saffron

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج، کاشت بنه‌های مادری بزرگ‌تر تأثیر مثبتی بر صفات مورد بررسی داشت. تحقیقات نشان داده است که بنه‌های با وزن‌های مختلف دارای اثرهای مستقیم بر رشد رویشی و زایشی زعفران هستند (Sadeghi, 2004). در این راستا، در تحقیقی گزارش شد که وزن تر و خشک برگ‌ها به اندازه بنه بستگی دارد (Omidbaygi, 2005). همچنین در مورد نقش اندازه بنه بر وزن برگ گزارش شده است که تقسیم سلولی و رشد برگ‌ها در بنه‌های درشت نسبت به بنه‌های کوچک زودتر اتفاق می‌افتد (Molina et al., 2004a) که در نتیجه آن میزان فتوسنتز کل در این بنه‌ها نسبت به بنه‌های متوسط بیشتر بوده که در نهایت باعث بالا بودن میزان رشد گیاه شده است. رشد زودتر و طول بیشتر برگ‌ها، امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش مواد فتوسنتزی ساخته شده را به همراه داشته و در نهایت، موجب ایجاد بنه‌های بزرگ‌تری در پایان فصل رشد می‌شود (Molina et al., 2004b). به‌طور کلی، رشد زعفران به ویژه در مراحل ابتدایی وابسته به میزان ذخیره غذایی بنه مادری است (Amirshekari et al., 2007; Koocheki et al., 2007). به طوری‌که بنه‌های مادری با وزن بالاتر عموماً دارای اندوخته غذایی بیشتر و با کیفیت بالاتری می‌باشند (Koocheki et al., 2014). از این‌رو، انتخاب بنه‌های مادری با وزن مناسب جهت کشت می‌تواند منجر به افزایش تشکیل و رشد بوته‌های دختری و در نهایت، عملکرد بالاتر زعفران گردد. در این ارتباط گزارش شده است که با افزایش اندازه بنه مادری، سطح برگ و تولید ماده خشک زعفران در طی فصل رشد افزایش می‌یابد و سبب تولید بنه‌های دختری بیشتری در انتهای فصل رشد می‌گردد (Renau-Morata et al., 2012). با توجه به این مطلب که رشد بنه‌های دختری تا زمان مستقل شدن در خاک، اساساً وابسته به بوته مادری است، اندازه یا وزن بنه مادری می‌تواند به طور مستقیم تشکیل بنه‌های دختری را تحت تأثیر قرار دهد (Rezvani Moghaddam et al., 2014). از این‌رو، به نظر می‌رسد که بنه های بزرگ‌تر توانایی تولید بنه های دختری با وزن بیشتر از وزن اولیه بنه مادری را دارا می‌باشند (Hassanzadeh Aval et al., 2013).

نتایج این پژوهش نشان داد که صفات مورد بررسی تحت تأثیر دو روش کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک قرار گرفت. به نظر می‌رسد بهبود صفات مورد بررسی به وسیله پرایمینگ بنه در این پژوهش را می‌توان با مزایای پرایمینگ مرتبط دانست. پرایمینگ تأثیرات مثبتی بر جوانه‌زنی و درصد سبز شدن گیاهان دارد. افزایش سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی بیشتر در سبز شدن، جوانه‌زنی تحت دامنهٔ وسیع‌تری از شرایط محیطی و بهبود بنیه و رشد گیاهچه از مزایای پرایمینگ است (Ajouri et al., 2004). محققان زیادی بهبود سرعت جوانه‌زنی و خروج اندام هوایی از خاک را در بذور پرایم شده، به ویژه بذرهای ضعیف یا خسارت‌دیده در شرایط نامساعد محیطی نظیر دمای زیاد یا خشکی گزارش کرده‌اند (Pill et al., 1994).

پرایمینگ با اسید سالیسیک در گیاهان مختلف نیز تأثیرات مثبتی داشته که با نتایج این آزمایش نیز مطابقت دارد. پرایمینگ بذر هیبرید ذرت با اسید سالیسیلیک، در هر دو شرایط نرمال و تنش سرمایی ظهور گیاهچه، طول ریشه چه و ساقه چه، وزن تر و خشک گیاهچه و برگ و ریشه را افزایش داد (Farooq et al., 2008). همچنین، اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را درون مریستم گیاهچهٔ گندم افزایش داد و رشد گیاه را بهبود بخشید (Shibli et al., 2007). سالیسیلیک اسید طویل شدن و تقسیم سلولی را به همراه مواد دیگری از قبیل اکسین تنظیم نماید (Shakirova et al., 2003). از طرفی، اسید سالیسیلیک از اکسیداسیون اکسین جلوگیری می‌کند (Fariduddin et al., 2003). pH پایین سالیسیلیک اسید و غلظت کم آن می‌تواند با فعال‌کردن پمپ‌های پروتون غشاء موجب افزایش جذب مواد غذایی و فشار اسمزی شده، در نتیجه میزان بیوسنتز و ماده‌سازی افزایش می یابد. همراه با این افزایش ماده‌سازی، pH اسیدی موجب سست شدن دیواره شده و زمینه برای رشد سلول‌ها فراهم می‌گردد، بدین ترتیب، طول دانه‌رست نیز افزایش می‌یابد (McCue et al., 2000).

محلول‌پاشی برگی با اسید سالیسیلیک نیز تأثیر مثبتی بر صفات مورد بررسی داشت. محلول‌پاشی از طریق فراهمی و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و همچنین سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها موجب افزایش عملکرد می‌گردد (Rahimzadeh et al., 2008). افزایش صفات رویشی به تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک مربوط می‌باشد که به دنبال انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مقصد صورت می‌گیرد و هر چه این نقل و انتقال بهتر و بیشتر انجام شود، صفات مذکور افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتری نشان داده است (Gutierrez-Coronado et al., 1998). در پژوهشی غلظت‌های متفاوت اسید سالیسیلیک بر گیاه ذرت بررسی گردید نتایج نشان داد که با افزایش غلظت این تنظیم‌کننده زیستی ویژگی‌های رویشی مانند سطح برگ، وزن خشک و وزن تر افزایش یافتند (Abd El-Wahed et al., 2006). در تحقیق دیگر نیز بر گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) نتایج حاکی از افزایش وزن تر گیاه با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک داشت (Eraslan et al., 2008). اسید سالیسیلیک باعث افزایش مقدار پروتئین‌های محلول گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) گردید. همچنین با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محتوای پروتئین‌های محلول نیز بیشتر شد (Maddah et al., 2006). غوطه‌وری بنه زعفران با هورمون اسید سالیسیلیک در غلظت دو میلی‌مولار منجر به افزایش میزان کلروفیل کل، طول برگ بنه مادری در گیاه زعفران گردید (Jabbari et al., 2017). افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در این پژوهش با محلول‌پاشی برگی با هورمون اسید سالیسیلیک در غلظت دو میلی‌مولار ناشی از تأثیر مثبت این ترکیب بر فرآیندهای فتوسنتزی دارد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با افزایش توان آنتی‌اکسیدانی ازجمله کاروتنوئیدها موجب کاهش مقدار پراکسایش لیپیدها و مقدار آب اکسیژنه و حفاظت بیشتر از غشاهای سلولی و فتوسنتزی و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شود و از کاتابولیسم کلروفیل جلوگیری می‌کند (Costa et al., 2005). اسید سالیسیلیک با جلوگیری از فعالیت آنزیم های کلروفیل اکسیداز مانع تجزیه و در نتیجه افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو شده و از این طریق، سبب افزایش فتوسنتز کل می‌شوند (Mardani et al,. 2010). با توجه به نتایج به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با بهبود جذب عناصر غذایی در برگ و بنه و افزایش میزان کلروفیل در برگ باعث افزایش فتوسنتز، رشد و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و وزن و تعداد بنه دختری زعفران گردید.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از اسید سالیسیلیک و بنه مادری درشت‌تر، اثر مثبت چشمگیری بر بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه زعفران داشت. تعداد و وزن تر بنه دختری به عنوان صفات عملکرد بنه زعفران در این پژوهش به ترتیب با ۴۵۶۰ بنه و ۴۹۸۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول کشت به دست آمد. میزان کربوهیدرات‌های بنه، رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها)، پروتئین‌های محلول بنه، پروتئین‌های محلول برگ، هیدرات‌های کربن برگ و وزن تر بنه‌های دختری با کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک و وزن بزرگ‌تر بنه افزایش پیدا کرد. بیشترین هیدرات‌های کربن کل برگ، طول و سطح برگ، پروتئین‌های محلول برگ و بنه، تعداد بنه دختری در روش کاربرد به صورت پرایمینگ بنه و بیشترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، هیدرات‌های کربن کل بنه و وزن تر بنه‌های دختری در هر بوته مربوط به روش کاربرد هورمون به صورت محلول‌پاشی برگی بدست آمد. طول و سطح برگ با کاربرد هورمون افزایش یافت. تعداد بنه دختری در هر بوته با کاربرد اسید سالیسیلیک در بنه‌های مادری درشت و کوچک در هر دو روش کاربرد نسبت به شاهد افزایش یافت. زعفران زراعی ارزشمندترین رستنی ایران، اقتصادی‌ترین محصول کشاورزی و گران-بهاترین ادویه جهان می‌باشد. لذا افزایش کمیت و کیفیت آن بسیار حائز اهمیت می‌باشد. استفاده از دو روش کاربرد پرایمینگ بنه و محلول‌پاشی برگی با هورمون اسید سالیسیلیک در این پژوهش، تأثیرات مثبتی بر گیاه زعفران داشت. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان انتظار داشت کاربرد صحیح و مناسب از تنظیم‌کننده‌های رشد از جمله هورمون اسید سالیسیلیک موجب بهبود خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه زعفران در سال اول کاشت و سال‌های آتی خواهد شد و در برنامه‌ریزی‌ها برای آینده می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

منابع

Abd Elwahed, M.S.A., Amin, A.A, and Rashed, E.S.M., 2006. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow mays plants. World J. Agri. Sci. 21, 149-155.

Ajouri, A., Asgedum, H., and Becker, M., 2004. Seed priming enhances germination and seedling growth of

www.SID.ir

Archive of SID

barley under conditions of P and Zn deficiency. J. Plant Nat. Soil Sci. 167, 630-636.

Amirshekari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress Sanavy, A., and Jalali Javaran, M., 2007. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). Iran. J. Bio. 19, 5–18. [in Persian with English Summary].

Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts; polyphenol-oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24, 1-15.

Azizi-Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah, A.R., 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. J. Arid Environ. 72, 270-278. [in Persian with English Summary].

Borsani, O., Valpuestan, 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 Physiol. 126, 1024-1030.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem. 72, 248-254.

Caroll, M.V., Longley, R.W., and Roe, J.K., 1956. The determination of glycogen in the liver and muscle by the use of anthrone reagent. J. Boil. Chem. 220(2), 583-593.

Creelman, R.A., and Mullet, J.E., 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Bio. 48, 355–381.

Costa, M., Civell, P.M., Chaves, A.R., and Martinez, G.A., 2005. Effects of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. Postharvest Bio. Tech. 35, 191-199.

Eraslan, F.A., Inal, Gunes, A., and Alpaslan, M., 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. Sci. Horti. 113, 120–128.

Eraslan, F., Inal, A., and Pilbeam, D.J., 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 Reg. 55, 207-219.

Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A., 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica Juncea*. Photosynthetica. 41(2), 281-284.

Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A., and Rehman, H., 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J. Agric. Crop Sci. 194, 161-168.

Ghobadi, F., Ghorbani Javid, M., and Sorooshzadeh, A., 2015. Evaluation of yield and growth characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under effect of planting date and corm size in Varamin plain. Iran. J. Med. Aromat. Plant. 32(5), 857-867. [in Persian with English Summary].

Ghorbani, R., and Koocheki, A., 2006. Organic saffron in Iran: Prospects and challenges. Acta Horti. 739, 369-374.

Gutierrez-Coronado, M.A., Trejo-Lopez, C., and Karque-Saaverdra, A., 1998. Effect of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiol. Biochem. 36, 563-565.

Hassanzadeh Aval, F., Rezvani Moghaddam, P., Bananayan Aval, M., and Khorasani, R., 2013. Effects of maternal corm weight and different of cow manure on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agro Tech. 1, 22-39. [in Persian with English Summary].

Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B., and Ahmad, A., 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agro. Hung. 53, 433-437.

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., and Ahmad, A., 2009. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ. Exp. Bot. 68, 14-25.

www.SID.ir

Archive of SID

Khan, W., Prithviraj, B., and Smith, D.L., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160, 485-492.

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. J. Saffron Agron. & Technol. 5(1), 21-35. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference to saffron production in Iran. Acta Horti. 650, 175-182.

Koocheki, A., Ganjeali, A., and Abbassi, F., 2007. The effect of duration and condition of incubation, weight of mother corms and photoperiod on corm and shoot characteristics of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iran. J. Field Crop Res. 4, 315-331. [in Persian with English Summary].

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Molafilabi, A., and Seyyedi, S.M., 2014. The effects of high corm density and manure on agronomic characteristics and corms behavior of Saffron (*Crocus sativus* L.) in the second year. J. Saffron Res. 1, 144-155. [in Persian with English Summary].

Maddah, M., Falahian, F., Sabbaghpour, A., chalbian, F. 2006. Effect of salicylic acid on yield and yield components and apical structure of chickpea (*Cicer arietinum* L.). J. Basic Sci. 62, 61-70. [In Persian with English Summary].

Mardani H., Bayat H., and Azizi M., 2010. Effect of foliar spray of salicylic acid on morphological and physiological properties cucumber seedling (*Cucumis sativus* cv. Super Dominus) under drought stress conditions. J. Horti. Sci. 25(3), 320-326. [in Persian with English Summary].

McCue, P., Zheng, Z., Pinkham, J.L., and Shetty, K., 2000. A model for enhanced pea seedling vigour following low pH and salicylic acid treatments. Proc. Biochem. 35, 603-613.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Garcia, A., Luis. A., and Guardiola, J.L., 2004a. Extending the harvest period of saffron. Acta Hydro. Bio. Sinica. 650, 218-225.

Molina, R.V., Valero, M., Navaro, Y., Garcia Luis, A., and Guardiola, J.L., 2004b. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horti. 103, 361-379.

Moosavi, S.M., Khara, J., and Heidari, R., 2009. Effects of salicylic acid on photosynthetic pigment content in (*Ocimum basillicum* L.) under UV radiation stress. Int. J. Bio. Sci. 1, 57-66.

Omidbaigi, R., 2005. Effect of corms weight on quality of saffron (*Crocus sativus* L.). Environ. Sci. 52, 236-249. [in Persian with English Summary].

Pill, W.C., Evans, T.A., and Krishnan, P., 1994. Priming improves germination and emergence of combine-harvested *Ameranthus cruentus* L. seeds. Hort. Sci. 29(6), 655-658.

Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G., and Pirzad, A., 2008. Effect of biofertilizers application on some morphological characteristics and yield of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). J. Horti. Sci. 25(3), 335-343. [in Persian with English Summary].

Renau-Morata, B., Nebauer, S.G., Sánchez, M., and Molina, R.V., 2012. Effect of corm size, water stress and cultivation conditions on photosynthesis and biomass partitioning during the vegetative growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Ind. Crop Prod. 39, 40-46.

Rezvani Moghaddam, P., and Seyyedi, S.M., 2014. The effects of organic and biological fertilizers on phosphorus and potassium uptake by black Seed (*Nigella sativa* L.). J. Horti. Sci. 28, 43-53. [In Persian with English Summary].

Rezvani, N., Sorooshzadeh, A., Sharifi, M. 2014. Effect of auxin and copper on growth of saffron. Iran. J. Plant Bio. 6(19), 111-125. [in Persian with English Summary].

Sadeghi, B., Journalism, K., anf Hatami, M., 2004. Effect of sowing time on collecting saffron flowers. Proceedings of the Third National Conference of Saffron. University of Ferdowsi.

www.SID.ir

Archive of SID

Mashhad Press, Mashhad, Iran. [in Persian].

Shakirova, F.M., 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by SA and salinity. Plant Sci. 164, 317-322.

Sheligl, H.O., 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta. pp. 47-51.

Shibli, R.A., Kushad, M., Yousef, G.G., and Lila, M.A., 2007. Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Reg. 51, 159-169.

Stevens, S., Senaratna, T., and Sivasithamparam, K., 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma) associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. Plant Growth Reg. 49, 77-83.

Vazirimehr, M.R., and Rigi, K., 2014. Effect of Salicylic Acid In Agriculture. Int. J. Plant Anim. Environ. Sci. 4(2), 291-296.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Saffron Research (semi-annual)
Vol.6, No.2, Fall & Winter, 2018-2019
p. 203-218
http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2018.1290.1051
University of Birjand

Effects of Salicylic Acid and Application Methods on Daughter Corm Yield and Physiological Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.)

Shirin Ansariyan Mahabadi[1], Iraj Alahdadi[2], Majid Ghorbani Javid[3]* and Elias Soltani[3]
1- MSc Student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran.
*Corresponding author E-mail: mjavid@ut.ac.ir

Received 11 January 2018; Accepted 7 May 2018

Abstract

Salicylic acid is one of the growth regulator substances that involved in the plant physiological processes. In order to evaluate the different doses of salicylic acid, application methods and corm weight effects on saffron, an experiment was conducted as split factorial based on a randomized complete block design with three replications at the saffron Research Field in College of Aburaihan, University of Tehran during 2016. The treatments were consisted of method application (corm priming, foliar application) as the main plot, three levels of salicylic acid (no application and application at concentrations of 1 and 2 mM), two corm weights (small corm (3-5 g) and large corm (8-10 g)) as subplots. The results showed that the photosynthetic pigments (such as chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids), soluble protein, leaf soluble protein, leaf total carbohydrate, fresh weight of corm were increased with salicylic acid. Big corms had significant effect on these traits and they were also increased with hormone application compared to control. The highest leaf carbohydrates (4.9 mg.g^{-1} fw), leaf length (252 mm), leaf area (318 mm), corm soluble proteins (1.8 mg.g^{-1} fw), leaf soluble proteins (1.6 mg.g fw) and number of daughter corm (13.5) were obtained for priming method and the highest photosynthetic pigments (including chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids (with 12, 9.5 and 1.19 mg.g^{-1} fw, respectively), corm carbohydrates (5.2 mg.g^{-1} fw), and fresh weight of the daughter corms (20.4 g), in the hormone method were obtained in foliar application. Finally, the results of this research indicated that the positive effects of salicylic acid (1 and 2 mM) in both application methods and big corm weight on the physiological and biochemical characteristics of saffron.

Keywords: Corm priming, Leaf foliar application, Plant growth regulators, Soluble protein, Total carbohydrate

www.SID.ir