



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان
۱۳۹۷ صفحه های ۴۶۷-۴۸۵

بررسی اثر اندازه بنه و آغشته‌سازی بنه با پلی‌آمین‌ها، بر عملکرد و صفات رویشی و کیفی زعفران

سمیه احسان‌فر^۱، علی سروش‌زاده^{۲*}، سید علی محمد مدرس ثانوی^۳، مجید قربانی جاوید^۴

۱. دانش آموخته دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳. استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴. استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۵

چکیده

جهت بررسی اثر دو پلی‌آمین اسپرمیدین و پوترسین بر صفات رویشی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه آموزشی دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. تیمارها شامل سه اندازه کوچک (۳-۵ گرم)، متوسط (۷-۵ گرم) و بزرگ (۷-۱۰ گرم) بنه و غلظت‌های مختلف پلی‌آمین (غلظت صفر در آب مقطر، غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین و پوترسین) به همراه شاهد بودند. بیشترین درصد سبزشدن (۹۵/۵۶ درصد) از تیمار پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار و بیشترین تعداد جوانه جانبی (میانگین ۸/۳۳ عدد) از اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد. کاربرد پلی‌آمین، از طول، وزن تر و وزن خشک برگ کاست. بیشترین میزان کلروفیل و عملکرد بنه دختری، به‌ترتیب از غلظت ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین حاصل شد. هر دو پلی‌آمین سبب کاهش محتوای تام فنلی و افزایش محتوای تام فلاونوئیدی در بنه‌های در حال رکود شدند، ولی اثر معنی‌داری بر محتوای نشاسته و کربوهیدرات محلول آن‌ها نداشتند. تیمار پلی‌آمین اثر معنی‌داری بر وزن خشک کلاله و پیکروکروستین نداشت، ولی بر میزان کروسین افزود و در بنه‌های کوچک، سبب افزایش تعداد گل شد. پوترسین، بیشترین اثر را در افزایش وزن تر کلاله و کروسین داشت. با توجه به نتایج، جهت بهبود صفات رویشی و کیفی زعفران، استفاده از بنه‌های بزرگ و تیمار آنها با پوترسین، بهترین نتیجه را خواهد داد.

کلیدواژه‌ها: اسپرمیدین، پوترسین، ترکیبات فنلی، کروسین، گل‌دهی.

۱. مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی علفی و چندساله است که تکثیر آن از طریق بنه انجام می‌شود. این گیاه با یک دوره رکود در تابستان و شروع مجدد رشد در پاییز شناخته می‌شود. اگرچه بنه در دوره رکود، در خفتگی است و هیچ برگی ندارد، ولی تمایز گل در این دوران اتفاق می‌افتد [۱۳]. گل، اندام مهم زعفران از نظر اقتصادی است و آنچه به‌عنوان ادویه زعفران مصرف می‌شود، کلاله گل این گیاه است. سه ترکیب زیستی اصلی در کلاله زعفران عبارتند از کروسین، پیکروکروسین و سافرانال، که به‌ترتیب مسئول رنگ، طعم و عطر آن هستند. کلاله زعفران، علاوه بر مصارف خوراکی و ادویه‌ای، به‌دلیل خواص ضدالتهابی خود، از زمان‌های قدیم مصرف دارویی نیز داشته است. کروسین، که از مواد مؤثره اصلی زعفران است، تأثیر زیادی در بهبود بسیاری از بیماری‌ها دارد و نقش آن در بهبود روحیه و افسردگی، تنظیم کلسترول خون، جلوگیری از سرطان و بهبود عملکرد قلب و عروق دیده شده است [۱۸، ۱۹، ۲۵، ۲۶ و ۳۳].

اندازه بنه، از عوامل مهم مؤثر بر صفات رویشی، زایشی و شیمیایی زعفران است. رشد بنه‌های دختر، از طریق تأمین مواد ذخیره‌ای از ذخایر بنه مادری و فتوستتیز برگ‌ها انجام می‌شود. در مطالعات انجام‌شده، مشاهده شده‌است که اندازه بنه، اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد گل و کلاله داشت [۴]. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، از عوامل مؤثر دیگر بر عملکرد و تولید گیاه هستند که پلی‌آمین‌ها، گروهی از این ترکیبات را تشکیل می‌دهند. در سال‌های اخیر به نقش تعدیل‌کننده پلی‌آمین‌هایی مانند اسپرمین، پوترسین و اسپرمیدین در فرآیندهای سلولی و فیزیولوژیکی در طول دوره رشد و نمو گیاه از جمله در زمان گل‌دهی، ریشه‌دهی، تکثیر سلولی، جنین‌زایی و حفاظت در مقابل تنش‌ها توجه شده است. پلی‌آمین‌ها

ترکیبات کاتیونی دارای دو یا چند گروه آمین هستند و به‌دلیل تنوع در تعداد و موقعیت گروه‌های آمین، وظایف گوناگونی از جمله سیگنالینگ سلولی، ثبات غشا، تکثیر و مرگ سلولی را بر عهده دارند. این ترکیبات به‌دلیل طبیعت کاتیونی خود، به راحتی با DNA، RNA و پروتئین‌ها باند می‌شوند [۲۹].

پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین، پلی‌آمین‌های اصلی در گیاهان عالی هستند که می‌توانند به فرم آزاد یا متصل با ترکیبات دیگر وجود داشته باشند. مقدار پلی‌آمین‌ها نه تنها با الگوهای ژنی بیوستتیز، بلکه با تنظیم بیان ژن‌های دخیل در کاتابولیسم آن‌ها تعدیل می‌شود [۲۹]. تحقیقات انجام‌شده روی تغییرات پلی‌آمین‌ها در زمان سبز شدن بنه‌های زعفران نشان داده‌اند که در آغاز فرایند سبز شدن، به مقادیر اسپرمیدین و اسپرمین آزاد در بنه‌ها افزوده می‌شود. به‌طورکلی، در طول رشد رویشی، مقدار پلی‌آمین‌های آزاد بیشتر از انواع باند شده با ترکیبات دیگر است و در زمان رشد زایشی، عکس این امر صادق است [۲۴]. آن‌گونه‌که در برخی گیاهان دیده شده است، تیمار پلی‌آمین بر نمو گل مؤثر است و استفاده از بازدارنده‌های آنزیم‌های بیوستتیز پلی‌آمین اثر بازدارندگی بر گل‌دهی دارد [۲۴]. مورد دیگری که نقش پلی‌آمین‌ها در گل‌دهی را نشان داد، موتانت‌هایی بودند که به‌دلیل کمبود پلی‌آمین، گل‌دهی خوبی نداشتند. در آزمایشی دیده شد که در موتانت‌های توتون که متابولیسم پلی‌آمین در آن‌ها ناقص بود، بساک و تخمک، موفولوژی غیرطبیعی داشتند [۲۴].

ترکیبات فنلی نیز از جمله ترکیبات بیوشیمیایی مهم در گیاهان هستند که به‌دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند و نقش‌های گوناگونی در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه ایفا می‌کنند، از جمله حفاظت از گیاه در برابر اشعه ماورای بنفش، دفاع در برابر پاتوژن‌ها، خفتگی و آللوپاتی. به‌طور

عمده، ترکیبات فنلی شامل فنل های ساده، اسیدهای فنلی، کومارین ها، تانن ها و فلاونوئیدها هستند. تحقیقات انجام شده در زمینه تغییر مقدار ترکیبات فنلی در بنه های زعفران، نشان داده اند که میزان این ترکیبات در زمان رکود بنه ها کمتر از زمان بیداری است. با ورود بنه ها به مرحله بیداری، به مقدار این ترکیبات افزوده می شود و در پایان دوره بیداری، قبل از آن که بنه ها وارد مرحله رکود شوند، مقدار آن ها بسیار افزایش می یابد [۱۵].

در این پژوهش، مطالعه اثر آغشته کردن بنه ها با غلظت های مختلف دو نوع پلی آمین اسپرمیدین و پوترسین بر صفات رویشی و بیوشیمیایی در اندازه های مختلف بنه زعفران مورد توجه قرار گرفت. هدف این تحقیق، بررسی امکان بهبود سبزشدن، گل دهی و عملکرد زعفران با استفاده از پلی آمین های اسپرمیدین و پوترسین و بررسی ارتباط بین ترکیبات شیمیایی بنه در انتهای سال اول رشد با صفات گل دهی در سال دوم رشد بود.

۲. مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. قبل از کشت، کود دامی پوسیده به صورت کامل به وسیله شخم با خاک مخلوط شد. تراکم مورد استفاده در این آزمایش ۵۰ بوته در متر مربع بود. عوامل مورد مطالعه شامل اندازه بنه در سه سطح کوچک (۳-۵ گرم)، متوسط (۷-۱۰ گرم) و بزرگ (۱۰-۷ گرم) و آغشته کردن بنه ها با دو نوع پلی آمین پوترسین و اسپرمیدین در شش سطح شاهد (بدون تیمار)، آب مقطر (غلظت صفر)، پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی مولار و اسپرمیدین ۰/۵ و ۱ میلی مولار بود.

تفاوت شاهد و تیمار آب مقطر در این است که بنه های شاهد بدون هیچ تیماری کشت شدند، در حالی که در تیمار آب مقطر، بنه ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شدند. علت در نظر گرفتن چنین تیماری مشخص نمودن این موضوع بود که آیا تفاوتی که در تیمارهای پلی آمین دیده می شود به دلیل حضور پلی آمین است یا مربوط به آب مقطر موجود در محلول ها است. بنه ها قبل از کشت، به مدت ۲۴ ساعت در غلظت های مختلف پلی آمین خیسانده شدند. اولین آبیاری، پس از کشت و آبیاری های بعدی تا اواسط فروردین، با فاصله دو هفته انجام شد. در ماه بهمن نیز، زمانی که گیاه دارای حداکثر رشد برگ بود، بوته ها با غلظت های مذکور محلول پاشی شدند.

در ابتدای فصل رشد، درصد سبزشدن و تعداد روز تا ۲۵ درصد سبزشدن (بیان گر سرعت سبزشدن) و در بهمن ماه تعداد جوانه های جانبی، طول برگ، تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ و میزان کلروفیل برگ اندازه گیری شد. به منظور محاسبه تعداد روز تا ۲۵ درصد سبزشدن، پس از کشت بنه ها، با مشاهده اولین بوته سبزشده، هر روز شمارش بوته های سبزشده انجام شد تا زمانی که ۲۵ درصد هر کرت سبز شد. سپس، تعداد روز کمتر تا رسیدن به ۲۵ درصد سبزشدن، به معنای سرعت سبز بیشتر در نظر گرفته شد. کلروفیل، با خرد کردن برگ تر در استن و استفاده از روش آرنون [۹] اندازه گیری شد. میزان نشاسته [۳۰]، کربوهیدرات [۳۰]، محتوای تام فنلی [۲۱]، محتوای تام فلاونوئیدی [۲۱] و عملکرد بنه های دختری تولید شده در انتهای فصل رشد سال اول که زمان رکود بنه بود، سنجیده شد. هدف از این کار، بررسی ارتباط بین این ترکیبات در انتهای فصل رشد سال اول و صفات گل دهی در فصل رشد سال دوم بود. بدین منظور، نیمی از هر کرت برداشت شد و بنه های نیم دیگر کرت در زمین باقی ماندند تا صفات مربوط به گل در سال دوم

اندازه‌گیری شود. برای سنجش میزان نشاسته و کربوهیدرات، از روش فنل-اسیدسولفوریک استفاده شد. محتوای فنلی با روش فولین سیوکالتو و محتوای فلاونوئیدی با استفاده از کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد. در سال دوم و در زمان گل‌دهی، صفات مربوط به گل از جمله تعداد گل، وزن تر و وزن خشک کلاله، میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال [۲] اندازه‌گیری شد. مواد مؤثر (کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) با استفاده از استاندارد ملی ۲۹۲-۲ که ترجمه استاندارد بین‌المللی ISO 3632-2 است، اندازه‌گیری شدند. از نرم‌افزار SAS (v9.1) برای آنالیز داده‌ها و محاسبه همبستگی، و از نرم‌افزار Minitab (v17) جهت تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. صفات اندازه‌گیری شده در سال اول

اثرات ساده اندازه‌بندی و کاربرد پلی‌آمین بر صفات تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن و درصد سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش اندازه‌بندی، درصد سبز شدن افزایش یافت، به نحوی که اندازه‌بندی کوچک بنه با میانگین ۸۲/۷۲ درصد، کمترین، و اندازه‌بندی بزرگ بنه با میانگین ۹۵/۷۸ درصد، بیشترین مقدار را نشان داد. اندازه‌بندی متوسط بنه با

میانگین ۹۰/۸۳ درصد در میانه قرار گرفت (شکل ۱-الف). تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن با افزایش اندازه‌بندی کاهش یافت، به نحوی که اندازه‌بندی بزرگ، متوسط و کوچک بنه به ترتیب میانگین ۲۸/۹۴، ۳۵/۲۸ و ۳۷/۸۹ روز را به خود اختصاص دادند و هر کدام از اندازه‌ها در گروه آماری متفاوتی قرار گرفت (شکل ۱-ب). تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن، صفت مهمی در زعفران است که سرعت سبز شدن را نشان می‌دهد. تیمار شاهد (عدم کاربرد پلی‌آمین) و تیمار آب‌مقطر، به ترتیب کمترین درصد سبز شدن و بیشترین تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن را به خود اختصاص دادند. (شکل ۱-ج و د). کاربرد پوترسین با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار با اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح پلی‌آمین، با میانگین ۹۵/۵۶ درصد بیشترین درصد سبز شدن را نشان داد (شکل ۱-ج). این نتایج نشان می‌دهند کاربرد پلی‌آمین‌ها در این آزمایش اثر مثبتی بر سرعت سبز شدن نداشته و صرفاً تیمار بنه‌ها با آب‌مقطر می‌تواند سبب بهبود این صفت شود. در مورد درصد سبز شدن، عکس این قضیه صدق می‌کند و همان‌طور که بیان شد، آغشته کردن بنه با پلی‌آمین‌ها سبب افزایش درصد سبز شدن شد. می‌توان این‌گونه استدلال نمود که گیاه از وجود بیشتر پلی‌آمین‌ها بیشتر در راستای افزایش درصد سبز شدن بهره می‌برد تا افزایش سرعت آن.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر اندازه‌بندی و پلی‌آمین بر صفات مربوط به سبز شدن، تعداد جوانه جانبی، میزان کلروفیل کل و عملکرد بنه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
عملکرد بنه	کلروفیل کل	تعداد جوانه جانبی	درصد سبز شدن	تعداد روز تا ۲۵٪ سبز شدن		
۱/۲۷ *	۱۴۳/۳۳ **	۰/۰۵۶ n.s	۲/۱۷ n.s	۴۹/۶۸ **	۲	بلوک
۱۰/۸۱ **	۱۸۰/۵۷ **	۶۶/۵۰ **	۷۸۲/۰۶ **	۳۸۰/۸۰ **	۲	اندازه بنه
۰/۹ *	۱۲۶/۶۱ **	۰/۳۲ **	۱۲۲/۸۹ **	۱۸/۶۱ **	۵	پلی‌آمین
۰/۳۶ n.s	۳/۷۰ n.s	۱/۳۹ **	۱۵/۲۸ n.s	۳/۷۳ n.s	۱۰	اندازه بنه × پلی‌آمین
۰/۳	۲/۸۲	۳/۵۰	۱۱/۹۹	۲/۰۸	۳۴	خطا
۱۹/۴۰	۸/۶۰	۱۴/۱۹	۳/۸۶	۴/۲۴	—	ضرب تغییرات (%)

***، * و n.s به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد، معنی‌دار در سطح پنج درصد و غیر معنی‌دار.

به‌زراعی کشاورزی

بررسی اثر اندازه بنه و آغشته سازی بنه با پلی آمین ها، بر عملکرد و صفات رویشی و کیفی زعفران

جدول ۲. تجزیه واریانس اثر اندازه بنه و کاربرد پلی آمین بر تعداد برگ، طول برگ، میانگین وزن تر برگ و میانگین وزن خشک برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تعداد برگ	طول برگ	میانگین وزن تر برگ
بلوک	۲	۷۴/۰۶ **	۳۶/۰۷ **	۰/۰۱۳ **
اندازه بنه	۲	۱۹۱۳/۷۲ **	۲۸/۳۸ **	۰/۰۲۴ **
پلی آمین	۵	۱۴۵/۶۴ **	۱۱/۵۸ **	۰/۰۱۶ **
اندازه بنه × پلی آمین	۱۰	۵۶/۰۳ **	۷/۳۱ **	۰/۰۱۵ **
خطا	۳۴	۰/۴۵	۰/۶۰	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (%)	—	۱۴/۱۹	۳/۳۱	۲/۸۲

***، * و n.s به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، معنی دار در سطح پنج درصد و غیر معنی دار.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر اندازه بنه و کاربرد پلی آمین بر صفات بیوشیمیایی مربوط به بنه دختری در زمان برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		محتوای تام فنلی	محتوای تام فلاونوئید	محتوای نشاسته	محتوای کربوهیدرات
بلوک	۲	۱۴۲/۹۱ **	۷۰/۰۵ ^{n.s}	۱۰۹۴۸/۱۰ **	۱۰۲۹۴/۰۳ *
اندازه بنه	۲	۳۰/۴۸ **	۸/۰۳۴ ^{n.s}	۲۷۲۲/۱۳ ^{n.s}	۲۸۹۰/۰۵ ^{n.s}
پلی آمین	۵	۳۶/۴۹ **	۳۵۷۰/۳۳ **	۴۶۹۶/۷۱ *	۴۴۸۶/۶۲ ^{n.s}
اندازه بنه × پلی آمین	۱۰	۱۸/۲۰ **	۲۲۰/۰۶ **	۸۷۵۰/۴۳ **	۸۴۰۰/۹۵ **
خطا	۳۴	۳/۹۳	۲۶/۷۴	۱۹۳۰/۵۰	۲۱۲۱/۱۱
ضریب تغییرات (%)	—	۹/۰۹	۱۲/۲۲	۸/۶۲	۷/۷۹

***، * و n.s به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، معنی دار در سطح پنج درصد و غیر معنی دار.

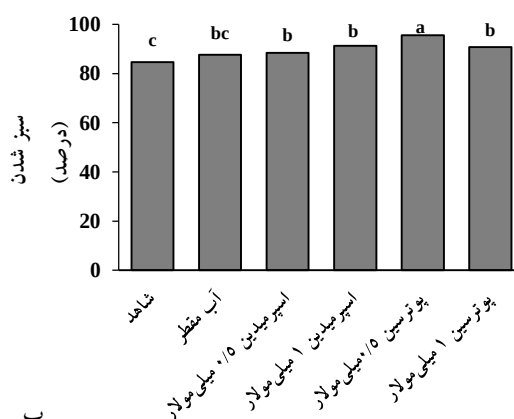
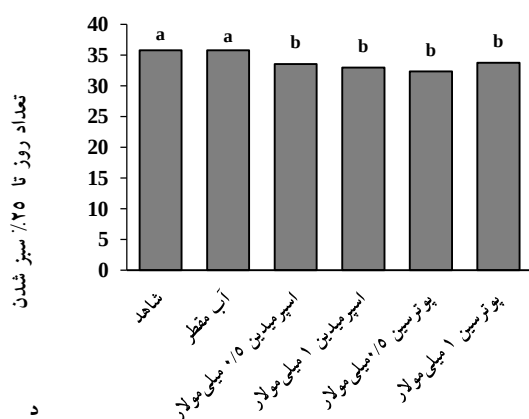
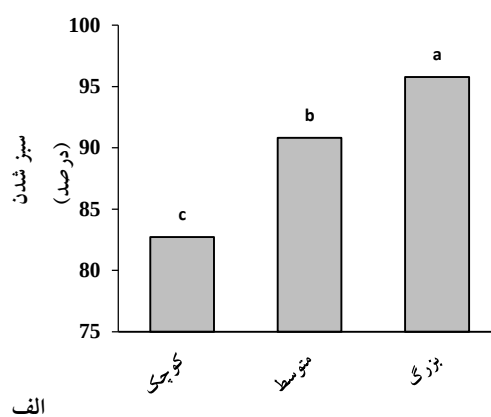
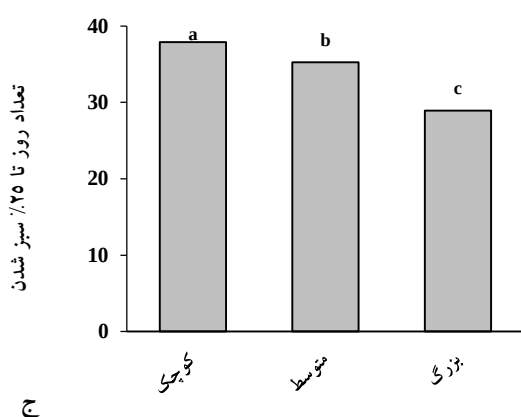
همچنین مشخص شده است که در زمان سبزشدن بذر هم میزان پلی آمین ها افزایش می یابد و به طور کلی، مقدار پلی آمین ها در سلول های گیاهی که رشد سریع دارند، بیشتر است [۷]. در مطالعات پیشین مشاهده شد که مقدار پلی آمین های اسپرمیدین و اسپرمین در آغاز سبزشدن بنه های زعفران در حداکثر مقدار خود بود و پس از آن، به طور تدریجی کاهش یافت. همچنین محققان، شاهد حذف پوترسین در بنه در این زمان بودند که دلیل احتمالی آن را تبدیل این پلی آمین به اسپرمیدین و اسپرمین می دانند [۲۲]. این امر می تواند در این تحقیق هم توجیهی باشد برای اینکه بیشترین درصد سبزشدن، در تیمار پوترسین، و در واقع با تأمین پوترسین بیشتر برای بنه ها، دیده شد.

اثرات ساده و همچنین اثر متقابل اندازه بنه × کاربرد پلی آمین بر تعداد جوانه جانبی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). در تمام سطوح پلی آمین، با افزایش اندازه بنه، تعداد جوانه جانبی نیز افزایش یافت (جدول ۴). اندازه بزرگ بنه به همراه کاربرد غلظت یک میلی مولار اسپرمیدین، با میانگین ۸/۳۳ عدد بیشترین تعداد جوانه جانبی را داشت و اندازه بزرگ بنه و غلظت یک میلی مولار پوترسین (۷/۳۳ عدد) در رتبه بعدی قرار گرفت. اندازه کوچک بنه به همراه غلظت ۰/۵ میلی مولار اسپرمیدین، بدون اختلاف معنی داری با سایر سطوح پلی آمین در این اندازه (به استثنای غلظت ۱ میلی مولار اسپرمیدین)، کمترین تعداد جوانه جانبی را با میانگین

به زراعی کشاورزی

جوانه جانبی بیشتری نسبت به غلظت ۰/۵ میلی‌مولار تولید کرد. در مطالعات انجام‌شده، تغییر در الگو و مقدار پلی‌آمین‌ها در مراحل مختلفی از جنین‌زایی زعفران مشاهده شده است، به‌طوری‌که در مرحله جنین‌زایی، مقدار پلی‌آمین‌ها افزایش یافت [۱۱]. بنابراین، می‌توان این‌گونه استدلال کرد که دلیل بیشتر بودن اثر مثبت تیمار اسپرمیدین بر تعداد جوانه جانبی در این آزمایش، تأمین این پلی‌آمین برای گیاه و جبران کمبود احتمالی آن است.

۱/۶۷ عدد تولید کرد. اندازه متوسط بنه (در تمام سطوح پلی‌آمین) از این نظر در میانه قرار گرفت (جدول ۴). به‌طورکلی، کاربرد پلی‌آمین در اندازه کوچک بنه تأثیر معنی‌داری بر تعداد جوانه جانبی نداشته است. درحالی‌که در بنه‌های بزرگ، اثر پلی‌آمین‌ها بر تعداد جوانه جانبی مثبت بوده و با افزایش غلظت آن‌ها بر میزان این اثر افزوده شد. درمجموع، مشاهده شد که اثر تیمار اسپرمیدین، بهتر از پوترسین بود و در هردو نوع پلی‌آمین، غلظت ۱ میلی‌مولار،



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات ساده اندازه بنه (الف و ب) و کاربرد پلی‌آمین (ج و د) بر صفات درصد سبز شدن و تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن

بررسی اثر اندازه بنه و آغشته سازی بنه با پلی آمین ها، بر عملکرد و صفات رویشی و کیفی زعفران

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بنه و کاربرد پلی آمین بر صفات مختلف مربوط به تعداد جوانه جانبی و برگ

اندازه بنه	سطوح پلی آمین	تعداد جوانه جانبی (عدد)	تعداد برگ (تعداد در بوته)	طول برگ (mm)	میانگین وزن تر برگ (g)	میانگین وزن خشک برگ (g)
کوچک شاهد		۲/۳۳ b	۱۲/۳۳ b	۲۸/۹۰ a	۰/۳۲۲ b	۰/۱۰۴ a
آب مقطر		۲/۰۰ b	۸/۳۳ cd	۲۷/۶۶ ab	۰/۳۸۶ a	۰/۰۹۹ a
اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار		۱/۶۷ b	۷/۳۳ d	۲۳/۰۹ d	۰/۲۵۴ c	۰/۰۷۹ b
اسپرمیدین ۱ میلی مولار		۳/۳۳ a	۱۴/۰۰ a	۲۶/۲۳ bc	۰/۲۳۴ c	۰/۰۶۶ c
پوترسین ۰/۵ میلی مولار		۲/۳۳ b	۷/۶۷ cd	۲۵/۰۲ cd	۰/۲۴۳ c	۰/۰۷۷ bc
پوترسین ۱ میلی مولار		۲/۳۳ b	۸/۶۷ c	۲۵/۰۷ cd	۰/۲۶۰ c	۰/۰۸۰ b
متوسط شاهد		۴/۰۰ abc	۱۶/۳۳ d	۲۸/۵۷ b	۰/۳۲۲ b	۰/۱۱۴ a
آب مقطر		۴/۳۳ ab	۱۶/۳۳ d	۲۹/۱۹ a	۰/۳۸۲ a	۰/۱۰۵ a
اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار		۳/۳۳ bc	۱۷/۰۰ d	۲۸/۹۰ ab	۰/۲۹۰ c	۰/۰۸۵ b
اسپرمیدین ۱ میلی مولار		۴/۶۷ a	۲۱/۳۳ c	۲۵/۹۴ e	۰/۲۱۷ f	۰/۰۵۸ c
پوترسین ۰/۵ میلی مولار		۳/۰۰ c	۲۵/۳۳ b	۲۷/۸۸ c	۰/۲۷۳ d	۰/۰۷۹ b
پوترسین ۱ میلی مولار		۴/۶۷ a	۲۷/۳۳ a	۲۶/۸۶ d	۰/۲۶۲ e	۰/۰۷۵ b
بزرگ شاهد		۴/۶۷ d	۲۲/۶۷ e	۲۸/۲۲ c	۰/۳۱۸ b	۰/۱۰۵ b
آب مقطر		۵/۳۳ cd	۲۵/۶۷ d	۲۹/۵۰ ab	۰/۳۷۱ a	۰/۱۱۶ a
اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار		۵/۶۷ c	۲۵/۳۳ d	۳۰/۳۹ a	۰/۳۰۱ b	۰/۰۹۹ b
اسپرمیدین ۱ میلی مولار		۸/۳۳ a	۴۲/۰۰ a	۲۶/۹۵ d	۰/۲۵۷ b	۰/۰۷۱ c
پوترسین ۰/۵ میلی مولار		۵/۶۷ c	۳۰/۳۳ c	۲۹/۲۲ b	۰/۳۰۷ c	۰/۱۰۰ b
پوترسین ۱ میلی مولار		۷/۳۳ b	۳۶/۰۰ b	۲۵/۹۲ e	۰/۳۰۴ b	۰/۰۹۸ b

در هر ستون، حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف آماری معنی دار می باشد.

شاهد بیشترین تعداد برگ را در این اندازه بنه تولید کرد (جدول ۴). تمایز برگ ها حدود دو ماه قبل از سبز شدن بنه ها و در مرداد ماه انجام می شود. آغشته کردن بنه ها با محلول های پلی آمین قبل از تابستان بر این صفت تأثیر می گذارد [۵]. در پژوهش حاضر نیز، بنه ها قبل از تابستان با پلی آمین تیمار شدند و اثر این ترکیبات، بر رشد برگ در فصل پاییز مشاهده شد.

از نظر طول برگ و وزن خشک برگ نیز روند تقریباً مشابهی دیده شد. در تمام اندازه های بنه، کاربرد آب مقطر با اختلاف آماری معنی داری بیشترین وزن تر برگ را تولید کرد

اثر متقابل اندازه بنه $\times$ کاربرد پلی آمین بر تعداد، طول، وزن تر و وزن خشک برگ معنی دار بود (جدول ۲). تمام سطوح پلی آمین (به غیر از غلظت ۰/۵ میلی مولار اسپرمیدین)، در تمام اندازه های بنه، سبب تولید تعداد برگ بیشتری شدند (جدول ۴). کاربرد اسپرمیدین با غلظت یک میلی مولار و اندازه بزرگ بنه، بیشترین تعداد برگ را تولید کرد (۴۲ عدد) و کاربرد پوترسین یک میلی مولار و اندازه بزرگ بنه (۳۶ عدد) در رتبه بعدی قرار داشت. در اندازه کوچک بنه، کاربرد اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار (۷/۳۳ عدد) کمترین تعداد برگ را تولید کرد. به استثنای تیمار اسپرمیدین ۱ میلی مولار، تیمار

به زراعی کشاورزی

و تیمار شاهد در رتبه بعدی قرار گرفت. اندازه کوچک بنه و کاربرد اسپرمیدین یک میلی‌مولار کمترین وزن تر برگ را تولید کرد (جدول ۴). این نتایج نیز تأیید دیگری بر یافته‌های محققان دیگر در مورد ارتباط مثبت وزن برگ با اندازه بنه است [۶]. تقسیم سلولی و رشد برگ‌ها در بنه‌های درشت نسبت به بنه‌های کوچک زودتر اتفاق می‌افتد چون بنه‌های بزرگ‌تر، ذخایر بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌دهند [۶]. همچنین در مطالعات پیشین، تحریک اندام‌زایی به دنبال افزایش تجمع پلی‌آمین‌ها در محیط کشت جنین کاج بر اثر استعمال هورمون اکسین دیده شد [۱۶].

اثرات ساده اندازه بنه و کاربرد پلی‌آمین بر میزان کلروفیل برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش اندازه بنه، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته و در محدوده بین ۳۵/۱۹ و ۲۸/۹۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر قرار داشت (شکل ۲-الف). کاربرد پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار، بیشترین میزان کلروفیل کل را به ترتیب با میانگین‌های ۳۶/۲۷ و ۳۷/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر تولید کرد و تیمار اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار، اگرچه با تیمار شاهد و آب‌مقطر اختلاف آماری معنی‌داری نداشت، کمترین مقدار کلروفیل (۲۸/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را تولید کرد (شکل ۲-ب).

اثر مثبت پلی‌آمین‌ها بر میزان کلروفیل در پژوهش‌های پیشین نیز مشاهده شده است. به عنوان مثال، کاربرد پلی‌آمین‌ها تحت تنش شوری بر میزان کلروفیل a در توتون [۱] و گندم [۲۸] افزود. همچنین، گزارش شده است که پلی‌آمین‌ها نقش مؤثری در محافظت از تیلاکوئیدها و بهبود عملکرد آن‌ها دارند [۱۴].

پلی‌آمین‌ها سبب حفظ پایداری کلروفیل و تأخیر در پیری آن می‌شود. افزایش اتیلن، کاهش فعالیت آنزیم آرژنین دکربوکسیلاز (ADC) و در نتیجه، کاهش مقدار پلی‌آمین‌ها از دلایل پیری برگ است [۸]. اتیلن و پلی‌آمین،

پیش‌ماده مشترکی به نام اس-آدنوزیل-ال-متیونین (SAM) دارند و چنانچه گیاه بین تولید این دو ماده، تولید پلی‌آمین را برگزیند، پیری به تأخیر می‌افتد. اتصال پلی‌آمین‌ها به اسیدهای نوکلئیک، سبب افزایش پایداری mRNA و در نتیجه بهبود ترجمه و سنتز پروتئین می‌شود. کلروپلاست‌ها حاوی مقادیر زیادی آنزیم‌های بیوسنتز پلی‌آمین‌ها هستند و این پلی‌آمین‌ها نقش مؤثری در تنظیم فعالیت روزنه‌ها و بهبود فتوسنتز دارند [۳۲].

اثر اندازه بنه و کاربرد پلی‌آمین بر عملکرد بنه، به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش اندازه بنه، عملکرد بنه افزایش یافت و محدوده‌ای بین ۲/۲۷ تا ۳/۸۱ گرم را به خود اختصاص داد (شکل ۲-ج). به استثنای کاربرد پوترسین با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار که بیشترین عملکرد بنه را تولید کرد (۳/۶۴ گرم)، سطوح دیگر پلی‌آمین، اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۲-د). این یافته‌ها، در راستای نتایج حاصل از تحقیقات پیشین بر گیاه فریزیا است. فریزیا هم مانند زعفران، از خانواده ایریداسه است و کاربرد پلی‌آمین‌ها (به‌ویژه پوترسین) در آن، سبب افزایش وزن بنه شده است [۳۱]. در این آزمایش، عملکرد بنه به‌صورت برآیندی از وزن بنه‌ها و تعداد آن‌ها به‌دست آمد. بدین معنی که ممکن است در تیماری، بنه‌هایی با وزن بالا تولید شده باشند ولی چون تعداد بنه‌های با وزن کم، بیشتر بود، در مجموع، میانگین حاصل، عدد پایین‌تری را برای عملکرد بنه نشان می‌دهد.

در تحقیقات، مشاهده شده است که محلول‌پاشی برگ‌های زعفران با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسپرمیدین، سبب افزایش عملکرد بنه شد [۲۰]. با مقایسه غلظت پلی‌آمین مورد استفاده در این آزمایش، با آنچه که در تحقیق مذکور استفاده شد، می‌توان تفاوت نتیجه اثر اسپرمیدین بر عملکرد بنه در این دو آزمایش را میزان غلظت

مورد استفاده آن دانست. همچنین، مشاهده شده است که کاربرد برخی تنظیم کننده های رشد گیاهی مانند پیکلورام، اثر منفی بر عملکرد بنه زعفران دارد [۱۲]. آن گونه که در پژوهش ها مشخص شده است، هر سه پلی آمین پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در بنه های به رکود رفته وجود دارند و تفاوتی در مقدار آن ها دیده نمی شود. در این آزمایش، هر سه پلی آمین تقریباً اثر یکسانی بر عملکرد بنه داشتند. همچنین، عملکرد بنه تحت تأثیر مقدار فتوستت، صفات مربوط به برگ و جوانه جانبی قرار دارد و تعاملی از تمامی این عوامل، عملکرد نهایی بنه را تعیین می کند.

اثر متقابل اندازه بنه $\times$ کاربرد پلی آمین بر صفات محتوای تام فنلی، محتوای تام فلاونوئیدی، نشاسته و کربوهیدرات بنه در زمان رکود در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). اندازه کوچک بنه و تیمار شاهد، بیشترین میزان فنل تام را تولید کرد (۲۶/۸۵ میلی گرم گالیک اسید بر گرم عصاره) و با اندازه بزرگ و متوسط بنه به همراه آب مقطر، فاقد اختلاف آماری معنی دار بود (جدول ۵). اندازه بزرگ و متوسط بنه به همراه کاربرد پوترسین یک میلی مولار به ترتیب با میانگین های ۸۶/۷۷ و ۸۵/۹۶ میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک عصاره، بیشترین میزان فلاونوئید تام را تولید کرد و اندازه کوچک بنه به همراه پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی مولار در رتبه بعدی قرار گرفت. اندازه کوچک بنه و سطح شاهد پلی آمین (۱۸/۸۸ میلی گرم کوئرستین بر گرم وزن خشک عصاره) کمترین میزان فلاونوئید تام را تولید کرد (جدول ۵). در مجموع، دیده می شود که کاربرد پلی آمین ها در اندازه کوچک بنه، اثر معنی داری بر محتوای تام فنلی نداشت و در اندازه بزرگ بنه، از میزان آن کاست. اما، این تیمار و به ویژه پوترسین، اثر مثبتی بر محتوای تام فلاونوئید در هر سه اندازه بنه داشت. از آنجایی که فلاونوئیدها جزئی از ترکیبات فنلی هستند، می توان گفت که کاربرد پلی آمین سبب افزایش فلاونوئیدها و کاهش برخی دیگر از ترکیبات

شده و در مجموع، میزان محتوای تام فنلی را تغییر نداده است.

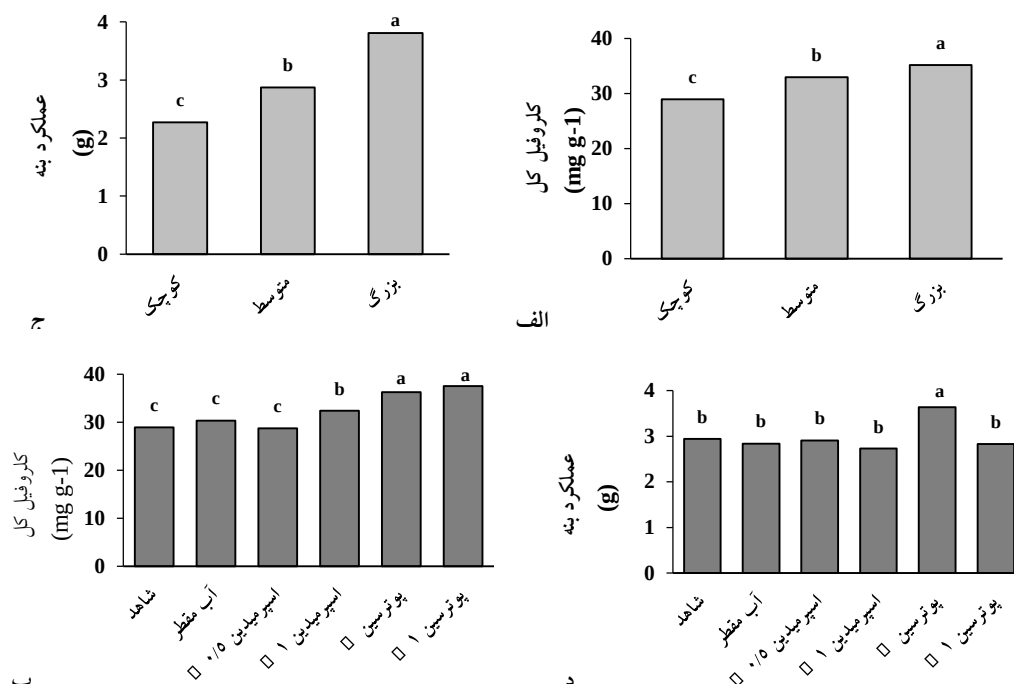
بر اساس یافته های محققان، میزان ترکیبات فنلی در انتهای فصل رشد زعفران و قبل از به خفتگی رفتن بنه ها، افزایش می یابد که این امر سبب القای خفتگی در بنه ها و حفاظت آن ها در برابر تنش می شود. با ورود بنه به مرحله خفتگی یا رکود، از میزان این ترکیبات کاسته می شود [۱۵]. پلی آمین ها معمولاً با ترکیبات فنلی ترکیب می شوند و این ترکیبات در ماتریکس دیواره سلولی دیده شده اند [۱۷]. یکی از دلایل کم شدن محتوای تام فنلی در بنه های متوسط و بزرگ به دنبال کاربرد پلی آمین ها، می تواند باند شدن پلی آمین ها با ترکیبات فنلی باشد.

اندازه کوچک بنه و تیمار اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار، بیشترین محتوای نشاسته و کربوهیدرات را تولید کرد، درحالی که تیمار اندازه متوسط بنه و کاربرد آب مقطر از این نظر کمترین مقدار را داشت (جدول ۵). در مطالعات پیشین، مشاهده شد که کاربرد پوترسین سبب افزایش محتوای کربوهیدرات در میوه کدو سبز شد [۲۷].

در این تحقیق، با این که در هر سه اندازه بنه، غلظت ۰/۵ میلی مولار هر دو نوع پلی آمین سبب افزایش میزان کربوهیدرات محلول نسبت به شاهد شد، ولی از آنجایی که در بنه های کوچک و بزرگ، بیشترین افزایش، مربوط به تیمار آب مقطر بود، می توان نتیجه گرفت که افزایش این صفت بر اثر تیمار با محلول های پلی آمین، به دلیل آب مقطر موجود در محلول های پلی آمین بوده است.

۲.۳. صفات اندازه گیری شده در سال دوم

اثر ساده اندازه بنه بر صفات تعداد گل، وزن تر و وزن خشک کلاله و مواد مؤثره کروسین، پیکروکروسین و ساfranال، در سطح آماری یک درصد معنی دار بود (جدول ۶).



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات ساده اندازه بنه و کاربرد پلی‌آمین بر کلروفیل کل و عملکرد بنه

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بنه و کاربرد پلی‌آمین بر صفات مختلف بیوشیمیایی در زمان رکود

اندازه بنه	سطوح پلی‌آمین	محتوای تام فنلی (mg GA g ⁻¹)	محتوای تام فلاونوئید (mg QUE g ⁻¹)	محتوای نشاسته (mg g ⁻¹)	محتوای کربوهیدرات (mg g ⁻¹)
کوچک	شاهد	۲۶/۸۵ a	۱۸/۸۸ d	۴۸۰/۶۶ cd	۵۵۷/۹۵ b
	آب‌مقطر	۲۰/۲۴ b	۲۵/۷۹ cd	۵۷۸/۸۹ ab	۶۹۹/۱۵ a
	اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار	۲۳/۶۵ aa	۳۴/۷۴ bc	۵۹۸/۹۵ a	۶۷۲/۴۰ a
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۲۲/۷۹ ab	۴۲/۰۶ b	۴۹۹/۵۳ bcd	۵۷۸/۶۰ b
	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار	۲۲/۶۹ ab	۶۰/۳۵ a	۴۲۸/۱۵ abc	۶۱۲/۵۱ a
	پوترسین ۱ میلی‌مولار	۲۳/۳۷ ab	۶۰/۷۶ a	۴۴۸/۲۱ d	۵۳۶/۴۱ b
متوسط	شاهد	۲۱/۶۸ b	۲۴/۹۸ d	۵۲۶/۳۸ a	۶۰۶/۶۲ a
	آب‌مقطر	۲۶/۴۷ a	۲۵/۳۹ d	۳۹۲/۷۵ b	۴۷۶/۲۳ b
	اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار	۲۰/۴۵ b	۳۶/۷۷ c	۵۴۵/۲۶ a	۶۲۳/۷۳ a
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۱۶/۱۲ c	۴۵/۳۱ bc	۵۲۲/۵۵ a	۶۰۳/۳۷ a
	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار	۱۹/۰۰ b	۴۹/۷۸ b	۵۵۳/۵۲ a	۶۳۳/۱۷ a
	پوترسین ۱ میلی‌مولار	۲۰/۶۶ b	۸۵/۹۶ a	۵۱۹/۰۶ a	۵۹۵/۴۱ a
بزرگ	شاهد	۲۳/۷۰ a	۲۷/۴۲ c	۴۶۱/۴۸ a	۵۴۴/۹۷ a
	آب‌مقطر	۲۵/۷۹ a	۳۱/۰۸ bc	۵۳۹/۹۵ a	۶۱۶/۹۴ a
	اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار	۲۰/۲۹ b	۳۱/۰۸ bc	۴۴۹/۵۴ a	۵۸۳/۳۱ a
	اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار	۱۷/۷۹ c	۳۵/۹۶ bc	۴۸۵/۹۷ a	۵۶۸/۸۶ a
	پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار	۲۰/۹۱ b	۳۸/۸۰ b	۵۰۱/۳۱ a	۵۸۰/۶۶ a
	پوترسین ۱ میلی‌مولار	۲۰/۴۵ b	۸۶/۷۷ a	۴۹۸/۶۵ a	۵۸۰/۹۵ a

در هر ستون، حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد.

اثر کاربرد پلی آمین بر تعداد گل، در سطح یک درصد و بر وزن تر کلاله و کروسین، در سطح پنج درصد معنی دار بود و بر صفات دیگر، معنی دار نبود. همچنین، اثر متقابل اندازه بنه $\times$ کاربرد پلی آمین بر وزن خشک کلاله و پیکروکروسین، معنی دار نبود. اندازه کوچک بنه، کمترین وزن خشک کلاله را با میانگین $0/0029$ گرم تولید کرد و اندازه متوسط و بزرگ بنه، بدون اختلاف آماری معنی دار با یکدیگر، به ترتیب میانگین های $0/0051$ و $0/0053$ گرم وزن خشک کلاله را تولید کردند (شکل ۳-الف). میزان پیکروکروسین با افزایش اندازه بنه افزایش یافت، به نحوی که اندازه کوچک بنه با میانگین $48/16$ میلی گرم بر گرم وزن خشک کمترین میزان را داشت و اندازه های متوسط و بزرگ، بدون اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر، میزان بیشتری را تولید کردند (شکل ۳-ب).

در این تحقیق نیز اثر اندازه بنه بر رشد زعفران مشخص است و همان گونه که محققان دیگر ذکر کرده اند، اندازه بنه بر گل دهی زعفران و تولید بنه دختری، نقش چشم گیری دارد [۱۰]. گزارش شده است که عملکرد کلاله زعفران در هر گل ارتباط مثبتی با میانگین وزن بنه کاشته شده دارد [۳]. فرآیندهای تمایز مریستم، علاوه بر این که در ماه های اسفند تا تیر اتفاق می افتد، طی زمانی که اندام های زاینده در رکود عمیق هستند نیز صورت می گیرد [۱۳]. با توجه به اینکه تمایز شدید اندام های گل در زمانی که بنه دختری در رکود

است (خرداد تا شهریور) اتفاق می افتد [۱۳]، بنه دختری تحت تأثیر شرایط بنه مادری قرار دارد و هرچه بنه مادری بزرگ تر باشد، به دلیل تولید بنه دختری بهتر و بزرگ تر، گل دهی و عملکرد بهتری خواهد داشت.

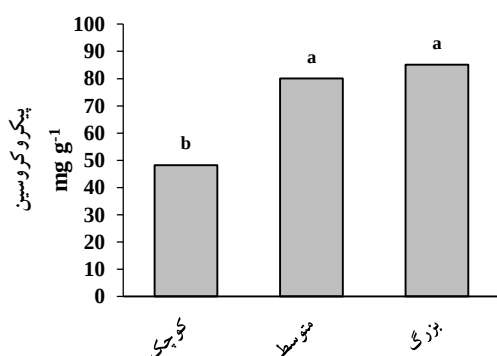
نتایج مربوط به تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر متقابل اندازه بنه $\times$ پلی آمین در سطح یک درصد بر تعداد گل و وزن تر کلاله معنی دار بود (جدول ۶). در اندازه کوچک بنه، کاربرد پلی آمین سبب افزایش تعداد گل، نسبت به تیمار شاهد و آب مقطر شد، و اثر اسپرمیدین، بیشتر از پوترسین، و اثر غلظت $0/5$ میلی مولار هر دو، بیشتر از غلظت 1 میلی مولار آن ها بود، هر چند که تفاوت آماری معنی داری نداشتند، در حالی که در اندازه بزرگ بنه، تیمار پلی آمین سبب کاهش تعداد گل شد.

پژوهشگران مشاهده کردند که اسپری کردن گیاه فریزیا (گیاهی از تیره ایریداسه) با محلول اسپرمین سبب تأخیر در گل دهی شد ولی محلول اسپرمیدین، گل دهی را تسریع کرد و طول برگ، تعداد شاخه های جانبی و تعداد بنه های تولید شده را افزایش داد [۳۱]. در پژوهش دیگری مشاهده شد که کاربرد اسپرمین، عملکرد گل و بنابراین عملکرد میوه در پسته را افزایش داد و دلیل این امر، احتمالاً نقش پلی آمین ها در بهبود رشد و نمو گل و میوه است. پلی آمین ها، ترکیبات نیتروژنی پلی کاتیونی هستند و به نظر می رسد به عنوان منبع نیتروژن هم در گیاه استفاده می شوند [۲۳].

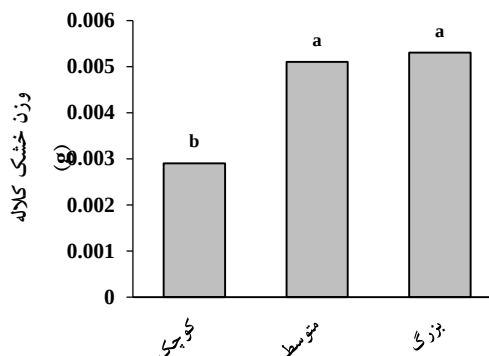
جدول ۶. تجزیه واریانس اثر اندازه بنه و کاربرد پلی آمین بر تعداد گل، وزن تر و خشک کلاله و صفات کیفی کلاله

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد گل	وزن تر کلاله	وزن خشک کلاله	کروسین	پیکروکروسین
بلوک	۲	۶۰/۶۶۷ *	۰/۰۰۰۰۴۳ n.s	۰/۰۰۰۰۰۳۲ *	۳۶۵۵/۶۰ n.s	۶۴۶/۹۳ n.s
اندازه بنه	۲	۲۱۹۳/۳۸۹ **	۰/۰۰۰۰۴ **	۰/۰۰۰۰۰۳۰۵ **	۱۱۷۸۹۵/۹۹ **	۷۲۱۳/۹۷ **
پلی آمین	۵	۸۳/۸۵۶ **	۰/۰۰۰۰۰۵ *	۰/۰۰۰۰۰۰۱۴ n.s	۳۸۶۸/۸۲ *	۳۴۰/۹۸ n.s
اندازه بنه $\times$ پلی آمین	۱۰	۳۱۳/۴۱۱ **	۰/۰۰۰۰۰۵۹ **	۰/۰۰۰۰۰۰۱۸ n.s	۴۳۴۹/۴۶ **	۲۷۶/۲۰ n.s
خطا	۳۴	۱۱/۵۶۹	۰/۰۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۰۹	۱۳۹۸/۱۳	۲۶۱/۱۱
ضریب تغییرات (%)	--	۲۱/۳۳	۱۵/۶۰	۲۰/۷۸	۱۹/۹۷	۲۲/۷۳
۲۳/۶۲						

***، * و n.s به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد، معنی دار در سطح پنج درصد و غیر معنی دار.



ب



ا

شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات ساده اندازه بنه و کاربرد پلی‌آمین بر میزان پیکروکروسین و وزن خشک کلاله

پوترسین، بیشترین میزان ساfranال را تولید کردند. به‌طورکلی، با توجه به داده‌های حاصل، می‌توان گفت که جهت بهبود میزان کروسین و ساfranال، غلظت ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین توصیه می‌شود. کروسین عامل ایجاد رنگ زعفران، و پیکروکروسین و ساfranال، به‌ترتیب عامل تلخی و عطر زعفران هستند [۱۳].

بر اساس نتایج حاصل از همبستگی بین صفات، صفات‌های تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن، درصد سبز شدن و تعداد جوانه‌های جانبی، صفات مربوط به برگ (به جز وزن تر برگ) و عملکرد بنه، رابطه منفی وجود داشت (جدول ۸).

هرچه سبز شدن سریع‌تر صورت بگیرد، گیاهچه در زمان کمتری استقرار می‌یابد و به دلیل استفاده بهتر از شرایط محیطی مانند نور و عناصر غذایی، آسمیلات بیشتری تولید می‌کند. همچنین، این نتایج نشان می‌دهند که تعداد برگ با کلروفیل کل، عملکرد بنه، تعداد گل و وزن تر و خشک کلاله ارتباط مثبت داشت و به‌عبارتی با افزایش تعداد برگ و در نتیجه وقوع فتوسنتز بیشتر، هم به عملکرد گل و هم به عملکرد بنه افزوده می‌شود.

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، هدف از اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی بنه در انتهای فصل رشد سال اول، بررسی ارتباط آن‌ها با صفات گل‌دهی در سال دوم بود.

اثر متقابل اندازه بنه $\times$ پلی‌آمین در سطح یک درصد بر میزان کروسین و ساfranال کلاله نیز معنی‌دار بود (جدول ۶). اندازه کوچک بنه در تمامی سطوح پلی‌آمین، نسبت به اندازه متوسط و بزرگ بنه، میزان کروسین کمتری تولید کرد (جدول ۷).

اندازه متوسط بنه به‌همراه کاربرد اسپرمیدین و پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار (به‌ترتیب ۲۷۷/۲۹ و ۲۶۶/۱۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و همچنین اندازه بزرگ بنه و تیمار پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار (۲۶۴/۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بیشترین میزان کروسین را تولید کردند و با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۷).

میزان ساfranال، محدوده‌ای بین ۱۰/۸۱ تا ۳۳/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک داشت که به‌ترتیب مربوط به اندازه کوچک بنه به‌همراه تیمار پوترسین ۱ میلی‌مولار و اندازه متوسط بنه به‌همراه پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار بود (جدول ۷). تعبیرات این صفت، از روند خاصی برخوردار نبود و بسیاری از تیمارها اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. شاید بتوان عدم وجود یک روند مشخص در مورد ساfranال را به فرار بودن آن نسبت داد. با این‌حال، در اندازه متوسط بنه، غلظت ۰/۵ هر دو پلی‌آمین و در اندازه بزرگ، غلظت ۰/۵ میلی‌مولار

آن گونه که نتایج همبستگی نشان می دهد، بین محتوای تام فنلی و صفات مربوط به گل و ماده مؤثره، ارتباط منفی وجود دارد. از طرف دیگر، افزایش محتوای تام فلاونوئید سبب افزایش تعداد گل، وزن تر و وزن خشک کلاله و میزان کروسین می شود، ولی با میزان پیکروکروسین و سافرانال ارتباط منفی دارد.

همچنین، محتوای نشاسته بنه در انتهای فصل رشد سال اول با وزن تر و وزن خشک کلاله و میزان سافرانال رابطه مثبتی نشان داد و با افزایش محتوای نشاسته، از تعداد گل و میزان کروسین و پیکروکروسین کاسته شد. برخلاف نشاسته، میزان کربوهیدرات های محلول، ارتباط

مثبتی را با تعداد گل، وزن خشک کلاله، کروسین و سافرانال نشان داد. در مجموع، می توان گفت هرچه مقدار فلاونوئیدهای بنه در انتهای فصل رشد سال اول بیشتر بود، در سال دوم، عملکرد گل و کلاله و میزان کروسین بیشتری حاصل شد، و چون محتوای تام فنلی، همبستگی منفی با عملکرد گل و کلاله و مواد مؤثره داشت، می توان گفت به غیر از فلاونوئیدها، افزایش ترکیبات دیگری که جزء محتوای فنلی هستند، اثر منفی بر این صفات دارد. همچنین با افزایش محتوای کربوهیدرات محلول در بنه در انتهای فصل رشد سال اول، تعداد گل، عملکرد کلاله و میزان کروسین و سافرانال در سال دوم بیشتر شد.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل اندازه بنه × کاربرد پلی آمین بر صفات تعداد گل، وزن تر کلاله، میزان کروسین و سافرانال

اندازه بنه	سطوح پلی آمین	تعداد گل (نعداد در بوته)	وزن تر کلاله (g)	کروسین (mg g ⁻¹)	سافرانال (mg g ⁻¹)
کوچک	شاهد	۳/۳۳ a	۰/۰۲۲ ab	۱۱۲/۸۷ a	۲۹/۲۰ a
	آب مقطر	۲/۳۳ a	۰/۰۱۸ bc	۹۷/۸۵ a	۱۳/۴۹ ab
	اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار	۶/۰۰ a	۰/۰۲۰ ab	۹۳/۲۰ a	۲۸/۹۰ a
	اسپرمیدین ۱ میلی مولار	۵/۰۰ a	۰/۰۱۶ bc	۸۸/۲۷ a	۲۴/۶۰ ab
	پوترسین ۰/۵ میلی مولار	۴/۶۷ a	۰/۰۳۰ a	۱۳۹/۸۰ a	۱۶/۰۹ ab
	پوترسین ۱ میلی مولار	۲/۳۳ a	۰/۰۰۹ c	۴۷/۸۹ a	۱۰/۸۱ b
متوسط	شاهد	۹/۳۳ c	۰/۰۲۸ a	۱۷۰/۳۷ d	۲۴/۱۹ c
	آب مقطر	۸/۶۷ c	۰/۰۲۷ a	۲۵۳/۸۵ b	۲۶/۶۷ c
	اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار	۲۲/۳۳ ab	۰/۰۲۴ a	۲۷۷/۲۹ a	۳۲/۹۰ ab
	اسپرمیدین ۱ میلی مولار	۲۰/۰۰ b	۰/۰۲۷ a	۱۹۱/۴۶ c	۲۴/۱۳ c
	پوترسین ۰/۵ میلی مولار	۲۱/۰۰ b	۰/۰۲۸ a	۲۶۶/۱۵ ab	۳۳/۳۶ a
	پوترسین ۱ میلی مولار	۲۸/۰۰ a	۰/۰۲۷ a	۲۵۲/۵۲ b	۳۰/۴۹ b
بزرگ	شاهد	۳۷/۰۰ b	۰/۰۲۹ ab	۲۱۱/۸۲ b	۲۷/۹۴ b
	آب مقطر	۳۹/۰۰ a	۰/۰۳۰ a	۲۵۴/۳۶ a	۲۹/۳۸ b
	اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار	۱۳/۰۰ e	۰/۰۲۵ c	۱۷۶/۳۰ c	۲۲/۹۸ c
	اسپرمیدین ۱ میلی مولار	۳۵/۰۰ c	۰/۰۲۶ bc	۲۶۱/۶۴ a	۲۸/۴۵ b
	پوترسین ۰/۵ میلی مولار	۸/۰۰ f	۰/۰۲۷ bc	۲۶۴/۴۹ a	۳۲/۴۷ a
	پوترسین ۱ میلی مولار	۲۲/۰۰ d	۰/۰۳۱ a	۲۶۱/۳۰ a	۲۹/۱۶ b

در هر ستون، حروف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف آماری معنی دار می باشد.

احسان فر و همکاران

جدول ۸ همبستگی صقات مختلف اندازه گیری شده در زعفران

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
۱- روز تا سبز شدن	۱																		
۲- سبز شدن	۰/۷۵ ^{***}	۱																	
۳- تعداد جوانه جانبی	۰/۷۵ ^{***}	۰/۷۵ ^{***}	۱																
۴- تعداد برگ	۰/۷۵ ^{***}	۷۷/۷۰ ^{***}	۰/۹۴ ^{***}	۱															
۵- طول برگ	۰/۳۲	۸۸/۰	۳۰	۳۰	۱														
۶- وزن تر برگ	۱۰/۰	۲۱۰/۰	۳۰	۳۰	۶۴/۰ ^{***}	۱													
۷- وزن خشک برگ	۷۸/۰	۵۶/۰	۱۸/۰	۸۱/۰	۱۵/۰	۸۸/۰	۱												
۸- کلروفیل کل	۰/۶۸ ^{***}	۰/۷۰ ^{***}	۰/۶۳ ^{***}	۰/۸۰ ^{***}	۵۰/۰	۷۱/۰	۰/۰۰	۱											
۹- نام فنلی	۲۴/۰	۰/۴۰ ^{***}	۸۳/۰	۵۴/۰	۳۱/۰	۷۴/۰ ^{***}	۰/۰	۶۳/۰	۱										
۱۰- نام فلاونوئید	۵۱/۰	۳۳/۰	۸۰	۸۸/۰	۶۳/۰ ^{***}	۶۳/۰	۳۸/۰	۰/۰۰	۱۸/۰	۱									
۱۱- نشاسته	۶۱/۰	۸۱/۰	۸۳/۰	۸۱/۰	۷۸/۰	۶۱/۰	۶۰/۰	۰/۳۰	۵۳/۰	۲۰/۰	۱								
۱۲- کربوهیدرات	۶۱/۰	۸۱/۰	۸۳/۰	۶۱/۰	۷۸/۰	۵۱/۰	۷۰/۰	۶۸/۰	۸۳/۰	۲۰/۰	۰/۶۸ ^{***}	۱							
۱۳- عملکرد بنه	۰/۸۷ ^{***}	۰/۵۸ ^{***}	۰/۸۶ ^{***}	۰/۳۸ ^{***}	۶۳/۰	۸۱/۰	۵۱/۰	۰/۷۵ ^{***}	۳۸/۰	۵۰/۰	۳۰/۰	۸۱/۰	۱						
۱۴- تعداد گل	۰/۶۵ ^{***}	۰/۷۵ ^{***}	۰/۳۶ ^{***}	۰/۸۰ ^{***}	۸۸/۰	۳۰/۰	۳۰/۰	۷۸/۰	۸۸/۰	۲۱/۰	۱۰/۰	۲۰/۰	۰/۶۵ ^{***}	۱					
۱۵- وزن تر کلاله	۰/۶۳ ^{***}	۰/۷۶ ^{***}	۰/۱۵ ^{***}	۰/۳۵ ^{***}	۵۳/۰	۷۱/۰	۶۰/۰	۵۳/۰	۳۱/۰	۶۰/۰	۵۰/۰	۳۰/۰	۰/۶۵ ^{***}	۰/۶۵ ^{***}	۱				
۱۶- وزن خشک کلاله	۰/۱۶ ^{***}	۰/۷۰ ^{***}	۰/۶۵ ^{***}	۰/۶۶ ^{***}	۷۸/۰	۶۰/۰	۳۰/۰	۰/۶۵ ^{***}	۰/۱۵ ^{***}	۸۱/۰	۵۰/۰	۳۰/۰	۰/۶۶ ^{***}	۰/۶۷ ^{***}	۰/۷۸ ^{***}	۱			
۱۷- کروستین	۰/۶۴ ^{***}	۰/۵۸ ^{***}	۰/۸۶ ^{***}	۰/۷۷ ^{***}	۰/۸۴ ^{***}	۶۱/۰	۰/۰	۰/۶۵ ^{***}	۷۸/۰	۶۱/۰	۱۱/۰	۳۱/۰	۰/۳۸ ^{***}	۰/۰۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۵۸ ^{***}	۱		
۱۸- پیکروکروستین	۰/۶۳ ^{***}	۰/۶۴ ^{***}	۰/۶۴ ^{***}	۰/۶۷ ^{***}	۰/۸۴ ^{***}	۶۱/۰	۰/۰	۰/۶۵ ^{***}	۷۸/۰	۶۱/۰	۱۱/۰	۳۱/۰	۰/۳۸ ^{***}	۰/۰۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۵۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}
۱۹- سافرانال	۰/۶۳ ^{***}	۰/۶۴ ^{***}	۰/۶۴ ^{***}	۰/۶۷ ^{***}	۰/۸۴ ^{***}	۶۱/۰	۰/۰	۰/۶۵ ^{***}	۷۸/۰	۶۱/۰	۱۱/۰	۳۱/۰	۰/۳۸ ^{***}	۰/۰۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۵۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}	۰/۶۸ ^{***}

*** و **: به ترتیب معنی دار در سطح یک درصد و معنی دار در سطح پنج درصد.

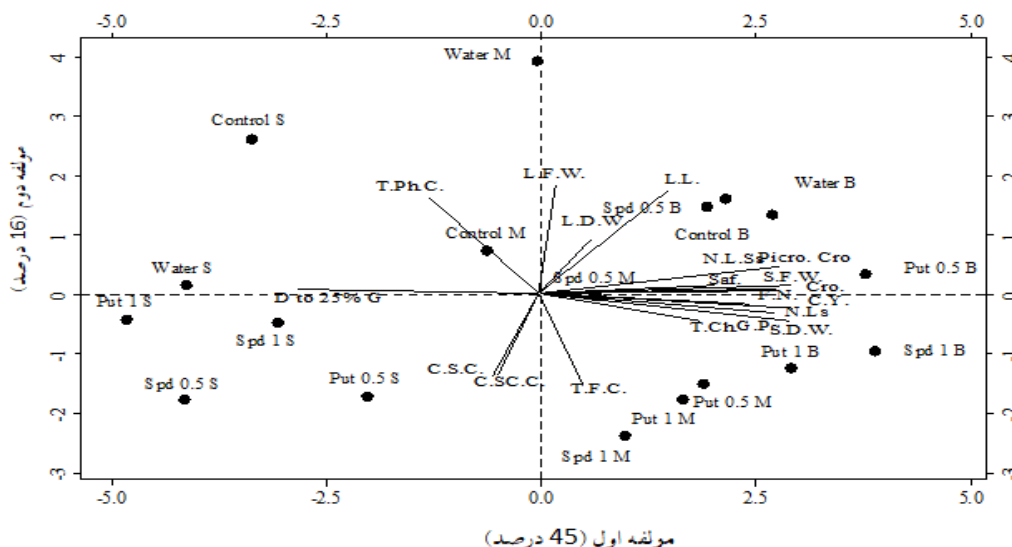
به منظور جمع بندی اثر تیمارها بر صفات اندازه گیری شده، تجزیه به مؤلفه های اصلی انجام، و نمودار بای پلات رسم شد. نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی نشان داد که مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۴۵ و ۱۶ درصد و در مجموع ۶۱ درصد واریانس بین تیمارها را توضیح می دهند. صفات تشکیل دهنده مؤلفه اول که با یکدیگر همبستگی داشتند، شامل درصد سبز شدن، تعداد جوانه جانبی، تعداد برگ، طول برگ، وزن تر و خشک برگ، میزان کلروفیل کل، محتوای تام فلاونوئیدی، عملکرد بنه، تعداد گل، وزن تر و خشک کلاله و صفات کیفی شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال بود. دو صفت محتوای نشاسته بنه و محتوای کربوهیدرات محلول بنه، توسط این دو مؤلفه توضیح داده نشده است. سایر صفات، مؤلفه دوم را تشکیل می دهند و البته برخی صفات در هر دو مؤلفه مشترک هستند (جدول ۹).

تیمارهای شاهد، کاربرد آب مقطر و سطوح مختلف پلی آمین در اندازه کوچک بنه، به همراه تیمار شاهد و کاربرد آب مقطر در اندازه متوسط بنه در نیمه سمت چپ بای پلات قرار گرفتند (شکل ۴). اندازه کوچک بنه در تمام سطوح کاربرد و عدم کاربرد پلی آمین و همچنین کاربرد آب مقطر، در تعداد روز بیشتری نسبت به سایر تیمارها به ۲۵ درصد سبز شدن رسید. اندازه بزرگ بنه در تمام سطوح کاربرد و عدم کاربرد پلی آمین، در کوتاه ترین زمان به ۲۵ درصد سبز شدن رسید. کاربرد پوترسین و اسپرمیدین ۰/۵ میلی مولار در اندازه کوچک بنه، سبب تولید بیشترین میزان کربوهیدرات و نشاسته محلول در بنه در زمان رکود شد. البته لازم به ذکر است که در این مورد، اندازه کوچک بنه نسبت به دو اندازه دیگر برتر بود. بیشترین محتوای تام فلاونوئیدی بنه، از اندازه متوسط بنه و کاربرد اسپرمیدین ۱ میلی مولار و پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی مولار حاصل گردید که کمترین میزان محتوای فنلی را داشتند. نتایج نشان داد که تیمار شاهد (عدم کاربرد آب مقطر و پلی آمین) در اندازه کوچک و متوسط بنه

بیشترین میزان محتوای تام فنلی را به خود اختصاص داد. از نظر صفات کمی زعفران (وزن تر کلاله، وزن خشک کلاله و تعداد گل)، صفات کیفی زعفران (میزان کروسین، پیکروکروسین و سافرانال) و همچنین عملکرد بنه، درصد سبز شدن، میزان کلروفیل کل و تعداد جوانه جانبی، کاربرد پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی مولار و اسپرمیدین ۱ میلی مولار در اندازه بزرگ بنه نسبت به سایر تیمارها برتری نشان دادند. بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی، صفات رویشی مانند تعداد برگ می توانند هم بر صفات زایشی مانند تعداد گل و وزن کلاله، و هم بر مواد مؤثره اثر بگذارند.

جدول ۹. مقادیر ویژه صفات مختلف زعفران و واریانس

توضیح داده شده توسط مؤلفه های اول و دوم		
صفات	مؤلفه اول	مؤلفه دوم
تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن	-۰/۲۹۵	۰/۰۱۶
درصد سبز شدن	۰/۳۰۸	-۰/۱۱۴
تعداد جوانه جانبی	۰/۲۹۲	۰/۰۱۱
تعداد برگ	۰/۳۱۳	-۰/۰۶۰
طول برگ	۰/۱۶۰	۰/۴۲۲
وزن تر برگ	۰/۰۲۲	۰/۴۴۵
وزن خشک برگ	۰/۰۶۴	۰/۲۲۱
کلروفیل کل	۰/۱۹۷	-۰/۱۱۴
محتوای تام فنلی	-۰/۱۳۳	۰/۳۹۴
محتوای تام فلاونوئیدی	۰/۰۵۶	-۰/۳۷۷
محتوای نشاسته در بنه	-۰/۰۵۰	-۰/۳۳۴
محتوای کربوهیدرات محلول بنه	-۰/۰۵۶	-۰/۳۳۷
عملکرد بنه	۰/۲۹۲	۰/۰۱۵
تعداد گل	۰/۲۶۰	-۰/۰۴۴
وزن تر کلاله	۰/۲۶۶	-۰/۰۱۶
وزن خشک کلاله	۰/۲۹۰	-۰/۰۷۹
کروسین	۰/۳۱۱	۰/۰۳۳
پیکروکروسین	۰/۲۹۷	۰/۱۱۰
سافرانال	۰/۲۱۶	۰/۰۳۴
مقدار ویژه	۸/۴۵	۲/۹۴
واریانس توضیح داده شده (درصد)	۴۵	۱۶
واریانس تجمعی (درصد)	۴۵	۶۱



شکل ۴. نمودار بای پلات دو مؤلفه اول مربوط به تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات اندازه‌گیری شده زعفران

† S, M و B (به ترتیب اندازه کوچک، متوسط و بزرگ بنه)، Put (پوترسین)، Spd (اسپرمیدین)، D to 25% G (تعداد روز تا ۲۵ درصد سبز شدن)، G.P. (درصد سبز شدن)، N.L.Ss (تعداد جوانه جانبی)، N.Ls (تعداد برگ)، L.F.W. (وزن تر برگ)، L.D.W. (وزن خشک برگ)، L.L. (طول برگ)، T.Ch (کلروفیل کل)، C.Y. (عملکرد بنه)، T.Ph.C. (محتوای تام فنلی)، T.F.C. (محتوای تام فلاونوئید)، C.S.C. (محتوای نشاسته در بنه) و C.S.C.C. (محتوای کربوهیدرات محلول در بنه)، F.N. (تعداد گل)، S.F.W. (وزن تر کلاله)، S.D.W. (وزن خشک کلاله)، Cro. (کروسین)، Picro. Cro (پیکروکروسین)، Saf. (سافرانال).

۴. نتیجه‌گیری

استفاده از بنه‌های بزرگ، سبب بهبود کلیه صفات کمی، کیفی و رویشی زعفران شد. تیمار بنه زعفران با دو نوع پلی‌آمین اسپرمیدین و پوترسین در هر دو غلظت ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار سبب بهبود صفات سبز شدن و کلروفیل کل شد. غلظت ۱ میلی‌مولار اسپرمیدین و پوترسین نسبت به تیمارهای دیگر، اثر افزایشی بیشتری بر تعداد جوانه‌های جانبی داشت. کاربرد هر دو نوع پلی‌آمین بر صفات رویشی مربوط به برگ در اندازه کوچک بنه اثر منفی داشت. این درحالی است که در بنه‌های متوسط و بزرگ، کاربرد اسپرمیدین و پوترسین سبب افزایش تعداد برگ و کاهش تعداد و وزن برگ شد. اگرچه کاربرد هر دو پلی‌آمین سبب کاهش محتوای تام فنلی در بنه‌های در حال رکود شد، بر محتوای تام فلاونوئید آن‌ها افزود. باتوجه به

نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد پوترسین با غلظت ۱ میلی‌مولار، جهت دستیابی به صفات رویشی، کلروفیل و عملکرد بیشتر بنه در زعفران توصیه می‌شود. همچنین، کاربرد غلظت ۰/۵ میلی‌مولار این پلی‌آمین بر میزان کروسین و سافرانال می‌افزاید. قطعاً جهت دستیابی به بهترین نوع و غلظت پلی‌آمین که سبب افزایش صفات رویشی و زایشی شود و بهترین عملکرد را به‌دست دهد، به تحقیقات بیشتری نیاز است.

تشکر و قدردانی

از آقای محمد مالمیر، دانشجوی دوره دکتری گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، بابت کمک شایانی که در اجرای این طرح و نگارش مقاله داشتند، کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

8. Ariyaratne MM (2014) HPLC analysis of polyamines in *Arabidopsis thaliana* lines altered in the expression of polyamine transport. Bowling Green State University, Ph.D. Dissertation.
9. Arnon DI (1949) Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* L. Plant Physiology. 24(1): 1- 16.
10. Arslan N, Gurbuz B, İpek A, Ozcan S, Sarihan E, Daeshian AM and Moghadassi MS (2007) The effect of corm size and different harvesting times on saffron (*Crocus sativus* L.) regeneration. Acta Horticulturae. 739: 113-117.
11. Blázquez S, Piqueras A, Serna MD, Casas JL and Fernández JA (2003) Somatic embryogenesis in saffron: optimisation through temporary immersion and polyamine metabolism. I International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. 650: 269-276.
12. ÇAVUŞOĞLU A (2017) The effect of exogenously applied plant growth regulators on plant development of saffron (*Crocus sativus* L.). Iğdir University Journal of the Institute of Science and Technology. 7(1): 17-22.
13. De Juan JA, Córcoles HL, Muñoz RM and Picornell MR (2009) Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crops and Products. 30(2): 212-219.
14. Della Mea M, Di Sandro A, Dondini L, Del Duca S, Vantini F, Bergamini C, Bassi R and Serafini-Fracassini D (2004) A *Zea mays* 39-kDa thylakoid transglutaminase catalyses the modification by polyamines of light-harvesting complex II in a light-dependent way. Planta. 219: 754-764.
15. Esmaeili N, Ebrahimzadeh H, Abdi K and Safarian S (2011) Determination of some phenolic compounds in *Crocus sativus* L. corms and its antioxidant activities study. Pharmacognosy Magazine. 7(25): 74- 80.
16. Fei, Y, Xiao B, Yang M, Ding Q and Tang W (2016) MicroRNAs, polyamines, and the activities antioxidant enzymes are associated with in vitro rooting in white pine (*Pinus strobus* L.). SpringerPlus. 5(1): P 416.
17. Górecka K, Cvikrová M, Kowalska U, Eder J, Szafranska K, Górecki R and Janas KM (2007) The impact of Cu treatment on phenolic and polyamine levels in plant material regenerated from embryos obtained in anther culture of carrot. Plant Physiology and Biochemistry. 45(1): 54-61.
1. حاجی بلند ر و ابراهیمی ن (۱۳۹۰) تأثیر پلی آمین های اگزوزن بر رشد، فتوسنتز و متابولیسم فنل ها در گیاه توتون تحت تنش شوری. زیست شناسی گیاهی. ۳(۸): ۲۶-۱۳.
۲. روش های آزمون زعفران، استاندارد ملی ایران ۲۹۲-۲ (۱۳۹۱) مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
۳. صحابی ح، جهان م، کوچکی ع و نصیری محلاتی م (۱۳۹۶) تأثیر وزن بانه مادری و محلول پاشی برگ بر عملکرد گل و بانه دو توده زعفران (*Crocus sativus* L.) ایرانی و اسپانیایی. نشریه علمی پژوهشی زراعت و فناوری زعفران. ۵(۲): ۱۲۳-۱۳۱.
۴. قبادی ف، قربانی جاویدم و سروش زاده ع (۱۳۹۳) تأثیر تاریخ کاشت و اندازه بانه بر عملکرد گل و صفات فیزیولوژیک زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط آب و هوایی دشت ورامین. نشریه علمی پژوهشی زراعت و فناوری زعفران. ۴(۲): ۲۵۶-۲۷۶.
۵. کوچکی ع و سیدی س م (۱۳۹۴) فنولوژی و روند تشکیل بانه های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) در طی دوره رشد. نشریه پژوهش های زعفران. ۳(۲): ۱۳۴-۱۵۴.
۶. گلذاری جهان آبادی م، بهدانی م ع، سیاری ز و خرم دل سرور م ح (۱۳۹۵) اثر کاربرد برخی منابع کودی و وزن بانه مادری بر خصوصیات رویشی و صفات کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). پژوهش های زعفران. ۴(۲): ۱۷۲-۱۸۶.
7. Aragão VPM, Navarro BV, Passamani LZ, Macedo AF, Floh EIS, Silveira V and Santa-Catarina C (2015) Free amino acids, polyamines, soluble sugars and proteins during seed germination and early seedling growth of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae), an endangered hardwood species from the Atlantic Forest in Brazil. Theoretical and Experimental Plant Physiology. 27(2): 157-169.

18. He SY, Qian ZY, Tang FT, Wen N, Xu GL and Sheng L (2005) Effect of crocin on experimental atherosclerosis in quails and its mechanisms. *Life Sciences*. 77(8): 907-921.
19. Hoshyar R, Hosseini M, Naghandar MR, Hemmati M, Zarban A, Amini Z, Valavi M, Beyki MZ and Mehrpour O (2016) Anti-dyslipidemic properties of Saffron: Reduction in the associated risks of atherosclerosis and insulin resistance. *Iranian Red Crescent Medical Journal*. 18(12): e36226.
20. Ihsan SA, Al-Mohammad MH and Al-Thamir SN (2014) The influence of spermidine and biofertilizer application on the growth, yield and some active constituents of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 4(24): 131-135.
21. Jain D and Shrivastava S (2017). Estimation of total Phenolic, flavonoid and saponin content in different extracts of *Butea monosperma* bark. *International Journal of Engineering Technology Science and Research*. 4(7): 177-182.
22. Jirage DB, Ravishankar GA, Suvarnalatha G and Venkataraman LV (1994) Profile of polyamines during sprouting and growth of saffron (*Crocus sativus* L.) corms. *Journal of Plant Growth Regulation*. 13(2): 69-72.
23. Kamiab F, Salehabad MH and Zamanibahramabadi E (2015) Evaluation the effects of foliar treatments of polyamines and some organic acids on quantitative and qualitative traits in some pistachio cultivars. *Journal of Nuts*. 6(2): 131-142. (Abst.)
24. Liu JH, Honda C and Moriguchi T (2006) Involvement of polyamine in floral and fruit development. *Japan Agricultural Research Quarterly*. 40(1): 51-58.
25. Milajerdi A, Djafarian K and Hosseini B (2016) The toxicity of saffron (*Crocus sativus* L.) and its constituents against normal and cancer cells. *Journal of Nutrition and Intermediary Metabolism*. 3: 23-32.
26. Mollazadeh H, Emami S and Hosseinzadeh H (2015) Razi's Al-Hawi and saffron (*Crocus sativus*): a review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 18(12): 1153.
27. Palma F, Carvajal F, Jamilena M and Garrido D (2016) Putrescine treatment increases the antioxidant response and carbohydrate content in zucchini fruit stored at low temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 118: 68-70.
28. Rahdari P and Hoseini SM (2013) Roll of polyamines (spermidine and putrescine) on protein, chlorophyll and phenolic compounds in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Journal of Novel Applied Sciences*. 2(12): 746-751.
29. Rangan P, Subramani R, Kumar R, Singh AK and Singh R (2014) Recent advances in polyamine metabolism and abiotic stress tolerance. *BioMed Research International*. 2014: P 239621.
30. Rashid MD, Uddin MD, Asaeda T and Robinson RW (2017) Seasonal variations of carbohydrates in *Pueraria lobata* related to growth and phenology. *Weed Biology and Management*. 17(2): 103-111.
31. Rezvanypour S, Hatamzadeh A, Elahinia SA and Asghari HR (2016) Effect of exogenous polyamines on growth, flowering and corm production of 'Golden Wave' and 'Blue Sea' cultivars of freesia. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*. 8(27): 76.
32. Rosmana A, Nasaruddin N, Hendarto H, Hakkar AA and Agriansyah N (2016) Endophytic association of *Trichoderma asperellum* within *Theobroma cacao* Suppresses vascular streak dieback incidence and promotes side graft growth. *Mycobiology*. 44(3): 180-186.
33. Shafiee M, Arekhi S, Omranzadeh A and Sahebkar A (2017) Saffron in the treatment of depression, anxiety and other mental disorders: current evidence and potential mechanisms of action. *Journal of affective disorders*. 227: 330-337.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

Effect of corm size and corm soaking in polyamines on the yield and vegetative and qualitative traits of saffron

Somayeh Ehsanfar¹, Ali Sorooshzadeh^{2*}, Seyed Ali Mohamad Modares Sanavi³, Majid Ghorbani Javid⁴

1. Former Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
3. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: August 28, 2017

Accepted: December 16, 2017

Abstract

An experiment has been conducted with the aim of investigating the effect of polyamines on vegetative and biochemical traits of *Crocus sativus* L. It has been in the form of a factorial in a completely-randomized blocks with three replications during 2015-2016 and has taken place in field research of Tarbiat Modares University. There has been three sizes of corms (i.e., 3-5, 5-7, and 7-10 g) as well as five concentrations of polyamines (zero in control, zero in distilled water, spermidine 0.5 and 1 mM, and putrescine 0.5 and 1 mM) as the treatments. Results show that the plants, treated with putrescine 0.5 mM and spermidine 1 mM, have had the highest germination percentage (96.56%) as well as the highest number of lateral sprouts (with an average of 8.33 sprouts), respectively. It has also been revealed that the length and weight of the leaves are negatively affected by polyamine treatment. The highest chlorophyll content and corm yield are observed in the plants, treated with Putrescine 0.5 mM and 1 mM, respectively. The content of starch and soluble carbohydrates in dormant corms at the end of growing season have not been affected by polyamines significantly; however, total phenolic and flavonoid content in these corms have decreased and increased, respectively, as a result of applying polyamines. With no significant effect on stigma dry weight and picrocrocine content, polyamine treatment has increased the number of flowers and crocin content in small corms. It can be concluded that in order to obtain better vegetative and biochemical traits of saffron, corms more than 7 g and treated with putrescine, should be used.

Keywords: Crocin, flowering, phenolic content, putrescine, spermidine.