# تأثیر پلی‌آمین‌های خارجی بر رشد، گل‌دهی و تولید پداژه در ارقام 'Golden Wave' و 'Blue Sea' فریزیا

شیرین رضوانی پور[۱]، عبدالله حاتم زاده[۱*]، سید علی الهی نیا[۲] و حمید رضا اصغری[۳]

(تاریخ دریافت:۱۳۹۳/۹/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۴)

## چکیده

**این تحقیق به منظور بررسی اثر پلی‌آمین‌ها بر رشد، گل‌دهی و تشکیل پداژه در ارقام 'Golden Wave' و'Blue Sea' فریزیا انجام شد. بدین منظور، گیاهان فریزیا در زمان‌های ۳۵، ۷۰ و ۱۰۰ روز بعد از کاشت، با پلی‌آمین‌های پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و آب مقطر (شاهد) محلول‌پاشی شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار و دو گلدان برای هر تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار با اسپرمین موجب تأخیر گل‌دهی گردید. در حالی که تیمارهای اسپرمیدین علاوه بر تسریع گل‌دهی، موجب افزایش طول برگ، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، طول گل‌آذین، قطر و طول گلچه و تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی در هر دو رقم شدند. همچنین، بیشترین تعداد پداژه پس از تیمار با اسپرمیدین حاصل شد. اما پداژه‌های تولید شده در تیمارهای پوترسین وزن و قطر بیشتری نسبت به شاهد و دیگر تیمارها داشتند. پلی‌آمین‌ها موجب افزایش غلظت عناصر غذایی برگ شدند. بیشترین میزان نیتروژن (۲/۳۹ و ۲/۳۷ درصد) در تیمار با پوترسین و اسپرمین و بیشترین میزان فسفر (۰/۴۷ و ۰/۴۶ درصد)، پتاسیم (۳/۱ و ۳/۰۳ درصد) و روی (۵۱/۳۱ و ۵۰/۳ میلی‌گرم در لیتر) در تیمارهای پوترسین و اسپرمیدین حاصل شد. تقریباً تمام تیمارها میزان منیزیم برگ را افزایش دادند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها، و به‌ویژه اسپرمیدین و پوترسین، می‌توانند سبب افزایش عملکرد و بهبود ویژگی‌های گل و پداژه در فریزیا شوند.**

**کلمات کلیدی: اسپرمیدین، اسپرمین، پوترسین، پداژک، ساقه گل‌دهنده، عناصر غذایی**

## مقدمه

فریزیا (*Freesia hybrida*) یکی از گل‌های شناخته شده تیره زنبق‌سانان است که عمدتاً به صورت شاخه بریده پرورش می‌یابد و برای کشت در حاشیه‌ها و گلدان‌ها نیز مناسب است. فریزیا با پداژه تکثیر می‌شود. گل‌هایش به رنگ‌های متنوعی از سفید، زرد، ارغوانی، نارنجی، طلایی، صورتی و بنفش ظاهر می‌شوند. فریزیا به دلیل تنوع رنگ و عطر مخصوص، به یکی از گل‌های محبوب زمستانه در اروپا تبدیل شده است (۳۴). این

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
۲. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
۳. گروه زراعت، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه شاهرود
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hatamzadeh@guilan.ac.ir

گیاه در مقایسه با دیگر گل‌های شاخه بریده، دوره پرورش کوتاه‌تر در گلخانه و دماهای کمتری در طول ماه‌های زمستان نیاز دارد (۱۴). این دو مزیت، همراه با توجه خاص مصرف کنندگان، موجب افزایش چشمگیر تولید گل فریزیا در سال‌های اخیر در ایران شده است. پرورش دهندگان جهت تولید تجاری، به اطمینان از زمان گل‌دهی، عملکرد زیاد گل و پداژه و نیز تولید گل‌هایی با کیفیت نیاز دارند. با این حال، فریزیا نسبت به دیگر گل‌های شاخه بریده ساقه گل‌دهنده کوتاه‌تر، استحکام ساقه کمتر و اندازه گل کوچکتری دارد و لذا علاوه بر تغذیه، استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از نکات کلیدی موفقیت در دوره پرورش این گل محسوب می‌شود.

در سال‌های اخیر، محلول‌پاشی برگی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و ترکیبات زیستی به یک روش مرسوم برای افزایش عملکرد و کیفیت محصولات باغبانی تبدیل شده است. پلی‌آمین‌ها گروه جدیدی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که دو یا تعداد بیشتری گروه آمین ($NH_2$) دارند. دی‌آمین پوترسین و مشتقات آن، تری‌آمین اسپرمیدین و تتراآمین اسپرمین معمول‌ترین پلی‌آمین‌ها در گیاه هستند (۱۳). پلی‌آمین‌ها به طور طبیعی در سلول به صورت ترکیبات پلی‌کاتیونی هستند که می‌توانند به ملکول‌های آنیونی مانند اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدهای غشا و پلی‌ساکاریدهای پکتینی متصل شوند. پلی‌آمین‌ها در حفظ و فعال‌سازی آنزیم‌ها، تشکیل اسیدهای نوکلئیک، بیان ژن، تلفیق‌سازی سیگنال‌های سلولی و پایداری غشا دخالت دارند (۱ و ۳۵). پلی‌آمین‌ها به عنوان پیام‌رسان‌های ثانویه هورمونی و یکی از منابع تأمین کننده کربن و نیتروژن (حداقل در کشت بافت) نیز شناخته می‌شوند و در فرایندهای فیزیولوژیک زیادی مانند رویان‌زایی، تقسیم سلولی، تمایز، گل‌دهی، رسیدن میوه‌ها، ریشه‌زایی و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارند (۱۳).

مشارکت پلی‌آمین‌ها در گل‌دهی و نمو گل در برخی محصولات باغبانی گزارش شده است. در بعضی گیاهان، یک تغییر هماهنگ در کل پلی‌آمین‌ها یا یک نوع پلی‌آمین خاص همراه با توسعه گل دیده شده است. برای مثال، افزایش شدیدی در مقدار اسپرمیدین درونی در پیاز مریم (*Polianthes tuberosa*) در اوایل مرحله گل‌آغازی دیده می‌شود (۱۲). در نیلوفر پیچ (*Pharbitis nil*) که یک گیاه روز کوتاه است، تیمار با ۰/۵ میلی‌مولار پوترسین تحت شرایط روزبلند، موجب القاء گل‌دهی می‌شود (۳۲ و ۳۸).

از سوی دیگر، گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد پلی‌آمین‌های خارجی بر نحوه رشد رویشی و زایشی گیاهان تأثیر می‌گذارد. محلول‌پاشی برگی پوترسین در غلظت‌های مختلف موجب افزایش عملکرد گل و بهبود خصوصیات کمی و کیفی مانند افزایش ارتفاع، تعداد برگ، وزن تر و خشک گیاه در شب بو (۳۷) و افزایش طول ساقه گل‌دهنده، تعداد ساقه، قطر ساقه، وزن تر و خشک ساقه و برگ، تعداد برگ و افزایش میزان کلروفیل در کوکب شد (۲۱). دینگ و همکاران (۶) نشان دادند که اسپری برگی گل‌های داوودی با اسپرمین در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار موجب تسریع گل‌دهی و بهبود کیفیت گل‌ها شد. حسینی فرحی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگ‌های رُز با پلی‌آمین‌ها در زمان کاشت، به طور معنی‌داری موجب بهبود خصوصیات کمی و کیفی گل‌های شاخه بریده رُز شد. بیشترین طول ساقه گل‌دهنده در تیمار با ۱/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین حاصل شد و بیشترین ماندگاری گل مربوط به تیمارهای ۰/۵ میلی‌مولار اسپرمیدین و ۱ میلی‌مولار اسپرمین بود.

علاوه بر این، گزارش‌هایی از تأثیر پلی‌آمین‌ها بر تولید اندام‌های زیرزمینی در گیاهان زینتی ژئوفیت وجود دارد. ناهد و همکاران (۲۳) نشان دادند که محلول‌پاشی برگ‌ها با ۲۰۰ پی‌پی‌ام پوترسین، علاوه بر اثرهای مثبت بر خصوصیات گل‌دهی و رویشی گلایل، موجب افزایش تعداد پداژک و وزن‌تر و خشک پداژه‌ها شد. کومار و همکاران (۱۶) نشان دادند که هر سه پلی‌آمین اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین تعداد پداژک‌های تولید شده در کشت درون شیشه‌ای گلایل را افزایش دادند. در بین آنها، اسپرمیدین بیشترین تعداد پداژک

تشکیل شده در هر ظرف کشت بافتی را به خود اختصاص داد. در *Dioscorea cayenensis*، تیمار با ۱۰ میکرومولار پوترسین موجب تسریع تشکیل غده شد (۲۵). تیمار گل‌های مریم با اسپرمیدین نیز به صورت محلول‌پاشی برگی یا خیساندن پیاز موجب بهبود و تقویت خصوصیات پیازدهی و گل‌دهی شد (۱۹).

بر اساس شواهد ذکر شده، انتظار می‌رود که پلی‌آمین‌ها بتوانند در فرایند گل‌دهی در گیاهان تأثیرگذار باشند. از آنجایی که تحقیقات انجام شده پیرامون اثر پلی‌آمین‌ها بر تشکیل پداژه بسیار اندک است و همچنین تحقیق جامعی مبنی بر مطالعه اثرهای پلی‌آمین‌ها بر فریزیا انجام نشده است، لذا این تحقیق به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی پلی‌آمین‌های خارجی بر فریزیا با هدف بهبود ویژگی‌های رویشی، افزایش عملکرد و کیفیت گل و پداژه صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه گیلان انجام شد. بدین منظور، پداژه‌های فریزیا، ارقام 'Golden Wave' و 'Blue Sea'، از گلخانه‌ای تجاری واقع در پاکدشت تهران خریداری شده و در عمق ۵ سانتی‌متری در گلدان‌هایی با قطر و ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر کشت شدند. گیاهان کشت شده تحت شرایط نوری ۶۰۰ تا ۹۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه و دوره نوری ۱۱ ساعت روشنایی و ۱۳ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۵±۸۰ درصد نگهداری شدند. محیط کشت شامل پیت، پرلیت، ماسه و خاک سبک به نسبت ۱:۱:۱:۱ حجمی بود. میانگین دمای هوای گلخانه در ۹ هفته اول بعد از کاشت ۱۶ درجه سلسیوس در روز و ۱۲ درجه سلسیوس در شب و بعد از آن تا آخر دوره رشد ۲۰ درجه سلسیوس در روز و ۱۵ درجه سلسیوس در شب بود.

محلول‌پاشی سه بار در طول دوره کشت، در زمان‌های ۳۵ روز بعد از کاشت (قبل از گل‌انگیزی)، ۷۰ روز بعد از کاشت (تمایز جوانه‌های گل روی گل‌آذین) و ۱۰۰ روز بعد از کاشت ( قبل از ناپدید شدن کلروفیل گلبرگ‌ها)، با غلظت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار از هر سه پلی‌آمین پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین و همچنین آب مقطر (شاهد) انجام شد. به منظور کاهش کشش سطحی محلول از چند قطره توین ۲۰ استفاده شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. به طوری که فاکتور اول در دو سطح رقم و فاکتور دوم در هفت سطح تیمارهای پلی‌آمینی بود. هر تیمار در سه تکرار و برای هر تکرار دو گلدان در نظر گرفته شد. سایر مراقبت‌های زراعی مانند آبیاری و تغذیه بر حسب نیاز گیاه اعمال شد. در این آزمایش، صفات زیر اندازه‌گیری شدند.

ویژگی‌های رویشی شامل طول برگ (طول بلندترین برگ از سطح خاک گلدان تا نوک برگ)، عرض برگ (عرض برگ در قسمت نصف اندازه طول بلندترین برگ با استفاده از کولیس دیجیتال) و تعداد برگ‌های موجود به ازای هر پداژه اندازه‌گیری شد. زمان گل‌دهی به صورت میانگین تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور ساقه گل‌دهنده محاسبه شد.

همچنین، ویژگی‌های ساختار گل شامل طول ساقه گل‌دهنده (طول ساقه گل‌دهنده از سطح خاک گلدان تا زیر گل‌آذین)، قطر ساقه گل‌دهنده، طول گل‌آذین (از محل خم شدن ساقه گل‌دهنده تا نوک گل‌آذین)، تعداد گلچه به ازای هر ساقه گل‌دهنده، قطر و طول بزرگترین گلچه (توسط کولیس دیجیتال)، تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی (میانگین ساقه‌های گل‌دهنده جانبی روی ساقه گل‌دهنده اصلی) و تعداد گلچه جانبی (میانگین تعداد گلچه روی ساقه‌های گل‌دهنده جانبی) اندازه‌گیری شدند.

بعد از برداشت گل‌ها، آبیاری به مرور کاهش یافت تا برگ‌ها زرد شدند. سپس پداژه و پداژک‌ها از محیط کشت بیرون آورده شدند. تعداد، وزن و قطر پداژه و پداژک‌ها نیز اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی برگ، در زمان برداشت گل، از برگ‌ها نمونه برداری شد. نمونه‌های برگ پس از شسته شدن به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه

**جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم و تیمارهای پلی‌آمینی بر تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ و زمان گل‌دهی فریزیا**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد برگ | طول برگ | عرض برگ | زمان گل‌دهی |
| رقم | ۱ | ۰/۵۸ ns | ۲۸۷۰/۰۱** | ۴۳۸/۸۵** | ۱۳۶/۲۹* |
| تیمار | ۶ | ۰/۹۷ns | ۲۱۰/۳۵** | ۹/۳۰ns | ۸۶/۵۸** |
| رقم × تیمار | ۶ | ۰/۹۱ns | ۲۲/۳۱ns | ۲/۸۰ns | ۹/۶۳ns |
| خطا | ۲۸ | ۰/۵۱ | ۲۰/۰۵ | ۵/۵۴ | ۲۵/۶۶ |
| CV (٪) | | ۱۱/۴۴ | ۱۰/۳۸ | ۱۳/۸۹ | ۵/۰۷ |

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

سلسیوس خشک و سپس آسیاب شدند. نمونه آسیاب شده از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد و میزان جذب عناصر غذایی آن به روش‌های زیر اندازه‌گیری شد. نیتروژن کل به روش کجلدال (۳۳) تعیین و به صورت درصد بیان شد. فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد وانادات مولیبدات) با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر (۵) اندازه‌گیری شد. پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم فتومتر در طول موج ۷۶۶/۵ (۳۳)، منیزیم و کلسیم با دستگاه جذب اتمی به ترتیب در طول موج‌های ۲۸۵/۲ و ۴۲۲/۷ نانومتر (۳۳) و آهن و روی به روش جذب اتمی شعله‌ای در طول موج‌های ۲۴۸/۳ و ۲۱۳/۹ نانومتر اندازه‌گیری شدند (۲۷).

## نتایج و بحث

### ویژگی‌های رویشی

**تعداد برگ، طول برگ و عرض برگ:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد ارقام 'Golden Wave' و 'Blue Sea' فریزیا از نظر طول و عرض برگ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۱). رقم 'Blue Sea' طول و عرض برگ بیشتری (به ترتیب ۴۸/۹۷ و ۱/۹۲ سانتی‌متر) نسبت به رقم 'Golden Wave' (به ترتیب ۳۷/۲۸ و ۱/۴۶ سانتی‌متر) داشت. تنها طول برگ تحت تأثیر تیمارهای پلی‌آمینی قرار گرفت و اثر تیمارها بر تعداد و عرض برگ معنی‌دار نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین طول برگ در هر دو رقم مربوط به تیمار اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار بود که اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشت. کمترین طول برگ نیز مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمارهای پوترسین ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و تیمار اسپرمین ۰/۵ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

پلی‌آمین‌ها در تنظیم رشد و نمو گیاه مانند اندام‌زایی، رویان‌زایی، گل‌انگیزی و نمو گل، تشکیل میوه، رسیدن و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش دارند (۱۸). گزارش شده که اثر مثبت پلی‌آمین‌ها بر رشد از طریق افزایش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها می‌باشد (۱ و ۱۳). احتمالاً در این تحقیق نیز افزایش تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و افزایش بیوسنتز هورمون‌های درونی گیاه تحت تأثیر پلی‌آمین‌ها موجب افزایش طول برگ شده است. در این ارتباط، نتایج مشابهی از اثر پلی‌آمین‌ها، به خصوص پوترسین، بر طول برگ گیاهانی مانند لوبیا (۲۴)، شب بو (۳۷)، گلایل (۲۳) و کوکب (۲۱) به‌دست آمده است. البته قابل ذکر است که بر خلاف تحقیقات ذکر شده، در این تحقیق، تیمارهای پلی‌آمینی تأثیر معنی‌داری بر تعداد و عرض برگ گیاه فریزیا نداشتند.

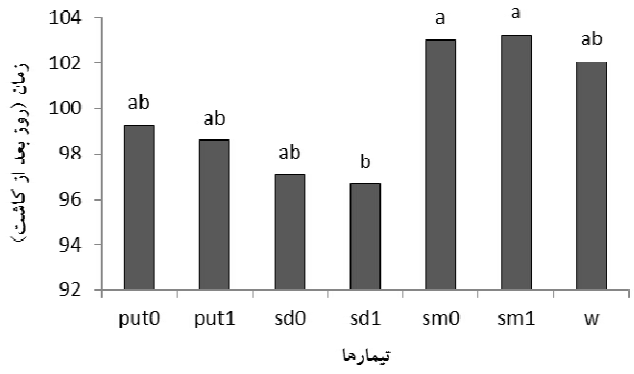
### زمان گل‌دهی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، اثر تیمار در سطح احتمال ۱٪ و اثر رقم در سطح احتمال ۵٪ بر زمان گل‌دهی معنی‌دار بود و اثر متقابل رقم در تیمار معنی‌دار نبود. به طور کلی، رقم 'Golden Wave' زودتر از رقم 'Blue Sea'

**جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلی‌آمینی بر ارتفاع برگ، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، طول گل‌آذین، قطر و طول گلچه و تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی فریزیا**

| تیمار | غلظت | طول برگ (سانتی‌متر) | طول ساقه گل‌دهنده (سانتی‌متر) | طول گل-آذین (سانتی‌متر) | قطر گلچه (میلی‌متر) | طول گلچه (میلی‌متر) | تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پوترسین | ۰/۵ | ۳۹c | ۴۵/۳۳bc | ۶/۷۰ab | ۳۷/۴۲bc | ۵۱ab | ۲/۳۳ab |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۴۱/۵۸bc | ۴۸/۶۶ab | ۷/۲۶ab | ۴۱/۲۵ab | ۴۹/۴۱ab | ۲/۶۶ab |
| اسپرمیدین | ۰/۵ | ۴۴/۷۵b | ۵۰/۵ab | ۷/۶۴a | ۴۲/۵۰ab | ۵۲/۱۶ab | ۲/۶۶ab |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۵۰/۳۳a | ۵۲/۶۷a | ۷/۷۵a | ۴۴/۹۲a | ۵۳/۶۶a | ۳/۱۶a |
| اسپرمین | ۰/۵ | ۴۲/۹۲bc | ۴۶/۲۵bc | ۶/۴۱ab | ۳۳/۰۸cd | ۴۹/۷۵ab | ۲b |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۴۵/۳۳ab | ۴۷/۹۲bc | ۶/۷۶ab | ۳۴/۳۳cd | ۵۱/۳۳ab | ۲/۳۳ab |
| شاهد | | ۳۸c | ۴۱/۷۵c | ۶/۲۰b | ۳۰/۱۶d | ۴۷/۷۵b | ۱/۸۳b |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.




**شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلی‌آمینی بر زمان گل‌دهی (میانگین تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور ساقه گل‌دهنده) در فریزیا. تیمارها شامل: پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار(put0)، پوترسین ۱ میلی‌مولار(put1)، اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار (sd0)، اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار (sd1)، اسپرمین ۰/۵ میلی‌مولار (sm0)، اسپرمین ۱ میلی‌مولار (sm1) و آب مقطر (w) هستند. در این شکل، ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با یکدیگر ندارند.**

به گل رفت (به ترتیب ۹۸/۶۴ و ۱۰۱/۱۹ روز بعد از کاشت). هرچند گیاهان محلول‌پاشی شده با اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار ۵/۴ روز زودتر از تیمار شاهد به گل رفتند و کمترین زمان گل‌دهی را داشتند، اما مقایسه میانگین داده‌ها اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها نشان نداد. از سوی دیگر، تیمار اسپرمین موجب تأخیر گل‌دهی نسبت به شاهد شد (شکل ۱).

از آنجایی که پلی‌آمین‌ها در نمو و توسعه گل دخالت دارند، منطقی به نظر می‌رسد که فرایند گل‌دهی توسط کاربرد پلی‌آمین‌های خارجی قابل کنترل باشد. در این راستا، تحریک گل‌دهی به وسیله پلی‌آمین‌های خارجی در روزبلند در گیاه روز کوتاه نیلوفر پیچ تأیید شده است (۳۲). همچنین، مطالعه در مورد *Arabidopsis thaliana* آشکار کرد که افزودن اسپرمیدین موجب تحریک گل‌دهی در شرایط غیر القایی می‌شود (۲). به علاوه، ممانعت از گل‌دهی به وسیله مهار کننده‌های پلی‌آمینی نیز صورت گرفته است. آلفا دی فلورومتیل ارنیتین (DFMO)، مهار کننده ارنیتین دی کربوکسیلاز (آنزیم مسیر بیوسنتز پلی‌آمین‌ها)، موجب

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم و تیمارهای پلی‌آمینی بر برخی ویژگی‌های فریزیا**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع ساقه گل‌دهنده | قطر ساقه گل‌دهنده | طول گل آذین | تعداد گلچه | قطر گلچه | طول گلچه | تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی | تعداد گلچه فرعی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رقم | ۱ | ۱۷۴۶/۲۹$^{**}$ | ۸/۴۲$^{**}$ | ۳۸/۲۷$^{**}$ | ۳۸۱/۴۴$^{**}$ | ۶۴۰/۷۶$^{**}$ | ۵۶/۶۷$^{ns}$ | ۲۳/۰۴$^{**}$ | ۲۷۸/۶۷$^{**}$ |
| تیمار | ۶ | ۱۵۳/۰۰$^{**}$ | ۰/۳۱$^{ns}$ | ۴/۲۸$^{**}$ | ۲۳/۶۳$^{**}$ | ۳۵۴/۳۸$^{**}$ | ۴۵/۳۸$^{*}$ | ۲/۴۲$^{**}$ | ۲۷/۴۴$^{**}$ |
| رقم × تیمار | ۶ | ۱۰/۷۶$^{ns}$ | ۰/۰۷$^{ns}$ | ۰/۸۸$^{ns}$ | ۶/۵۵$^{*}$ | ۳۶/۵۳$^{ns}$ | ۳۲/۱۵$^{ns}$ | ۰/۴۹$^{ns}$ | ۹/۵۱$^{**}$ |
| خطا | ۲۸ | ۲۲/۳۳ | ۰/۲۱ | ۱/۲۹ | ۲/۵۸ | ۲۷/۶۶ | ۱۸/۲۴ | ۰/۷۱ | ۱/۴۴ |
| CV (٪) | | ۹/۹۳ | ۱۴/۷۵ | ۱۶/۳۴ | ۱۵/۶۹ | ۱۳/۹۶ | ۸/۴۱ | ۳۴/۸۰ | ۱۶/۶۹ |

$^{**}$، $^{*}$ و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

کاهش میزان پلی‌آمین‌ها در توت‌فرنگی و ممانعت از گل‌دهی شد که این حالت با کاربرد پوترسین برطرف گردید (۳۰).

بررسی نتایج تحقیقات انجام شده روی گیاهان داوودی (۳)، سویا (۴) و توت‌فرنگی (۳۰)، احتمال انتقال پلی‌آمین‌ها را از برگ‌های جوان در حال رشد به جوانه‌های گل در مراحل اولیه گل‌دهی تقویت می‌کند، که ممکن است دلیل تسریع گل‌دهی در گیاهان تیمار شده فریزیا با اسپرمیدین باشد.

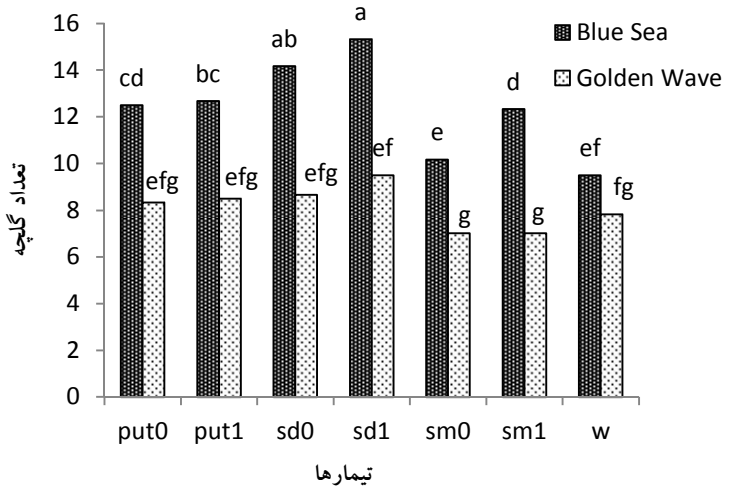
از سوی دیگر، گزارش شده که کاربرد غلظت‌های زیاد پلی‌آمین‌ها می‌تواند موجب ممانعت از گل‌دهی یا تأخیر آن شود. این مسئله نشان دهنده آن است که حد کفایتی برای غلظت‌های درونی پلی‌آمین‌ها در فرایند گل‌دهی وجود دارد (۳۸). در این تحقیق، تیمارهای اسپرمین موجب تأخیر در گل‌دهی فریزیا شدند؛ هرچند با نتیجه دینگ و همکاران (۶) مغایرت دارد. آنها نشان دادند که محلول‌پاشی برگی گل‌های داوودی با اسپرمین در غلظت ۰/۱ میلی‌مولار موجب تشکیل گل ۳ روز زودتر از شاهد شد. این نکته قابل ذکر است که بیشترین تأثیر پلی‌آمین‌های خارجی در گل‌دهی گیاهان در هنگام حضور ممانعت‌کننده‌های بیوسنتز آنها و یا شرایط غیر القایی برای گل‌دهی گیاه بوده است.

## ساختار گل

**ارتفاع ساقه گل‌دهنده و قطر ساقه گل‌دهنده:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر پلی‌آمین‌ها و رقم بر ارتفاع ساقه گل‌دهنده اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. اما تنها اثر رقم بر قطر ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). به طور کلی، قطر ساقه گل‌دهنده رقم 'Blue Sea' (۳/۴۵ میلی‌متر)، بیشتر از قطر ساقه رقم 'Golden Wave' (۲/۸۱ میلی‌متر) بود. هرچند تمام تیمارهای پلی‌آمینی موجب افزایش ارتفاع ساقه گل‌دهنده نسبت به شاهد شدند، اما بیشترین ارتفاع ساقه گل‌دهنده در هر دو رقم مربوط به تیمار اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول۲).

**طول گل آذین:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر پلی‌آمین‌ها و رقم بر طول گل‌آذین اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۳). گل‌های رقم 'Blue Sea' طول گل‌آذین بیشتری نسبت به رقم 'Golden Wave' داشتند (به ترتیب ۷/۶ و ۶/۲ سانتی‌متر). همچنین، در هر دو رقم، تیمارهای اسپرمیدین بیشترین طول گل‌آذین را نسبت به شاهد داشتند. اما اختلاف معنی‌داری بین آنها و دیگر تیمارهای پلی‌آمینی دیده نشد (جدول ۲).

**تعداد گلچه، قطر و طول بزرگترین گلچه:** نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارها و رقم در سطح ۱٪ و اثر متقابل آنها در سطح ۵٪ بر تعداد گلچه معنی‌دار بود. همچنین، اثر تیمار بر قطر و طول گلچه به ترتیب در سطوح ۱٪ و ۵٪ و اثر رقم تنها بر قطر گلچه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر دو رقم، بیشترین تعداد گلچه مربوط به تیمار اسپرمیدین بود. در رقم 'Blue Sea' کمترین تعداد گلچه مربوط




**شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تیمارهای پلی‌آمینی بر تعداد گلچه گل‌آذین اصلی در فریزیا. تیمارها شامل: پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار(put0)، پوترسین ۱ میلی‌مولار(put1)، اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار (sd0)، اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار (sd1)، اسپرمین ۰/۵ میلی‌مولار (sm0)، اسپرمین ۱ میلی‌مولار (sm1) و آب مقطر (w) هستند.**

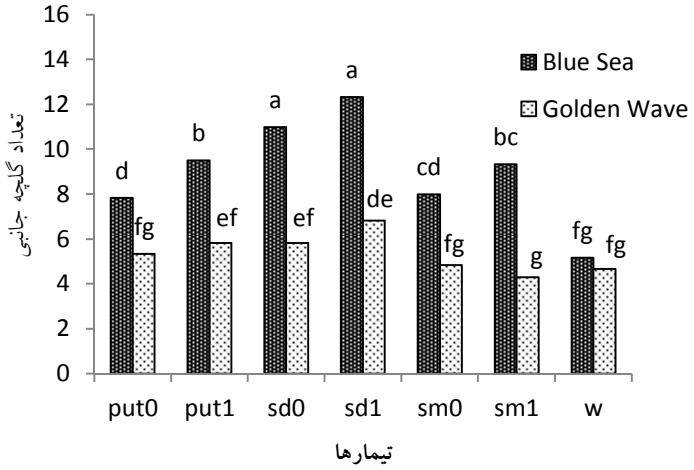
**در این شکل، ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با یکدیگر ندارند.**

به تیمار شاهد بود. اما در رقم 'Golden Wave' تیمارهای اسپرمین موجب کاهش تعداد گلچه نسبت به شاهد شدند (شکل ۲). قطر گلچه در رقم 'Blue Sea' (۴۰/۴۲ میلی‌متر) بیشتر از رقم 'Golden Wave' (۳۴/۹ میلی‌متر) بود. در هر دو رقم، بزرگترین قطر گلچه مربوط به تیمار اسپرمیدین و کوچکترین قطر گلچه مربوط به تیمار شاهد بود که با تیمارهای اسپرمین اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین، تمام تیمارهای پلی‌آمینی موجب افزایش طول گلچه نسبت به شاهد شدند. هرچند این افزایش، بجز در تیمار اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار، معنی‌دار نبود (جدول ۲).

پلی‌آمین‌ها در نمو ساختار گل نقش مهمی را ایفا می‌کنند. افزایش طول ساقه گل‌دهنده و گل‌آذین فریزیا توسط پلی‌آمین‌ها موافق با نتایج ناهد و همکاران (۲) برای گلایل، محجوب و همکاران (۲۱) برای کوکب، حسینی فرحی و همکاران (۱۱) در مورد رُز، محجوب و همکاران (۲۲) در مورد میخک، طلعت و همکاران (۲۹) برای پروانش و یوسف و همکاران (۳۶) برای داتوره است. اما بر خلاف این نتایج، در این تحقیق، قطر ساقه گل‌دهنده تغییر نکرد.

حسینی فرحی و همکاران (۱۱) گزارش کردند که تیمار با پوترسین و اسپرمیدین، قطر غنچه، و تیمار با پوترسین و اسپرمین، طول غنچه، را در رُز افزایش داد. محجوب و همکاران (۲۱) نیز گزارش کردند که تیمار ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوترسین بیشترین تأثیر را بر پارامترهای گل‌دهی، تعداد گل، قطر گل و وزن تر و خشک گل کوکب داشت. مطابق با این نتایج، کاربرد پوترسین موجب افزایش تعداد گل، قطر گل و وزن تر و خشک گل در داوودی (۱۰)، میخک (۲۲) و گلایل (۲۳) شد.

نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها، پیش‌ساز آنها آرژنین و آنزیم‌های بیوسنتزی آنها در تحریک تقسیم سلولی، توسعه و تمایز و نمو آوندها در گیاه نقش دارند (۲۵). همچنین، رابطه نزدیکی بین اثر پلی‌آمین‌ها و افزایش رشد، هورمون‌های درونی گیاه، محصولات فتوسنتزی (قندهای محلول، پلی‌ساکاریدها و کربوهیدرات کل) و ترکیبات نیتروژنی وجود دارد (۹). پلی‌آمین‌ها با تنظیم‌کننده‌های رشد درونی گیاه در ارتباط بوده و گزارش شده که می‌توانند موجب کاهش اسید آبسیزیک و افزایش اکسین، جیبرلین و سیتوکینین در گیاه شوند (۸ و ۹). این احتمال وجود دارد که پلی‌آمین‌ها اثر خود را بر




**شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تیمارهای پلی‌آمینی بر میانگین تعداد گلچه بر ساقه‌های گل‌دهنده جانبی در فریزیا. تیمارها شامل: پوترسین ۰/۵ میلی‌مولار(put0)، پوترسین ۱ میلی‌مولار(put1)، اسپرمیدین ۰/۵ میلی‌مولار (sd0)، اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار (sd1)، اسپرمین ۰/۵ میلی‌مولار (sm0)، اسپرمین ۱ میلی‌مولار (sm1) و آب مقطر (w) هستند.**

**در این شکل، ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری از نظر آماری با یکدیگر ندارند.**

گل‌دهی و ساختار گل از طریق افزایش سطح داخلی هورمون‌های گیاهی، مانند جیبرلین‌ها، اعمال کنند. همچنین، شواهدی وجود دارد که پلی‌آمین‌ها مانند پوترسین موجب جهت بخشی به تجمع مواد فتوسنتزی در گل‌ها می‌شوند (۲۱).

**تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی و تعداد گلچه جانبی:** نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر پلی‌آمین‌ها و رقم بر تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۱٪ نشان داد. همچنین، اثر متقابل تیمار و رقم بر میانگین تعداد گلچه ساقه جانبی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای اسپرمیدین و پوترسین بیشترین تعداد ساقه گل‌دهنده جانبی را داشتند. همچنین، رقم 'Blue Sea' با میانگین ۲/۹۵، تعداد ساقه جانبی بیشتری نسبت به رقم 'Golden Wave' (با میانگین ۱/۹) داشت. در هر دو رقم، بیشترین تعداد گلچه جانبی مربوط به تیمار اسپرمیدین و سپس پوترسین بود. در رقم 'Blue Sea' کمترین تعداد گلچه مربوط به تیمار شاهد بود. اما در رقم 'Golden Wave' تیمار اسپرمین ۱ میلی‌مولار تعداد گلچه کمتری نسبت به تیمار شاهد داشت (شکل ۳).

افزایش معنی‌دار شاخه‌های جانبی گل‌دهنده فریزیا به وسیله اسپرمیدین و پوترسین ممکن است به علت اثر آنها در افزایش بیوسنتز هورمون‌های داخلی گیاه، مانند سیتوکینین‌ها، باشد. این نتایج با یافته‌های ال-باسیونی (۸) تطابق دارد که نشان داد پوترسین به طور معنی‌داری تعداد شاخه و میزان سیتوکینین درونی گیاه نخود فرنگی را افزایش داد. بنابراین، نقش پلی‌آمین‌ها در افزایش تعداد گلچه نیز ممکن است از طریق افزایش سیتوکینین یا جیبرلین درونی باشد که انتقال مواد غذایی به جوانه‌ها را از طریق افزایش تقسیم سلولی و یا افزایش ارتباط آوندی بین جوانه‌های جانبی و یا ساقه اصلی تسهیل می‌کند (۹). همچنین، گزارش شده که افزایش هورمون‌های درونی مانند سیتوکینین در گندم در اثر تیمار با پلی‌آمین‌ها موجب افزایش عملکرد از طریق کاهش غالبیت انتهایی و افزایش جوانه‌های گل و بنابراین افزایش تعداد ساقه گل‌دهنده و وزن خوشه شد. محجوب و همکاران (۲۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی با پوترسین بر میخک به طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد گل به ازای گیاه و وزن‌تر و خشک گل‌ها می‌شود. یوسف و همکاران (۳۶) گزارش کردند که پوترسین موجب

**جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم و تیمارهای پلی‌آمینی بر ویژگی‌های پداژه و پداژک فریزیا**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | وزن پداژه | قطر پداژه | تعداد پداژه | وزن پداژک | قطر پداژک | تعداد پداژک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رقم | ۱ | ۹۶/۵۵$^{**}$ | ۱۲۸/۶۲$^{**}$ | ۰/۳۸$^{ns}$ | ۰/۱۵$^{**}$ | ۱۱/۴۱$^{*}$ | ۲/۳۸$^{**}$ |
| تیمار | ۶ | ۲/۴۴$^{**}$ | ۲۶/۶۸$^{**}$ | ۰/۷۶$^{*}$ | ۰/۰۸$^{**}$ | ۸/۶۴$^{**}$ | ۰/۲۶$^{ns}$ |
| رقم × تیمار | ۶ | ۰/۳۰$^{ns}$ | ۱/۱۶$^{ns}$ | ۰/۱۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۳$^{ns}$ | ۰/۹۱$^{ns}$ | ۰/۲۱$^{ns}$ |
| خطا | ۲۸ | ۰/۱۴ | ۴/۳۸ | ۰/۱۶ | ۰/۰۰۴ | ۲/۲۳ | ۰/۱۹ |
| CV (٪) | | ۸/۷۶ | ۱۰/۰۹ | ۲۵/۹۷ | ۱۰/۴۳ | ۱۶/۵۶ | ۱۹/۰۹ |

$^{**}$، $^{*}$ و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

**جدول ۵. مقایسه میانگین اثر رقم بر ویژگی‌های پداژه و پداژک فریزیا**

| رقم | وزن پداژه (گرم) | قطر پداژه (میلی‌متر) | وزن پداژک (گرم) | قطر پداژک (میلی‌متر) | تعداد پداژک |
|---|---|---|---|---|---|
| Blue Sea | ۵/۷۸a | ۲۲/۵۰a | ۰/۶۶a | ۹/۵۵a | ۲/۰۴b |
| Golden Wave | ۲/۷۵b | ۱۹/۰۰b | ۰/۵۴b | ۸/۵۰b | ۲/۵۲a |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

افزایش معنی‌دار خصوصیات رویشی و گل‌دهی در داتوره می‌شود. نتایج مشابهی در افزایش تعداد گل در هر گیاه در اثر تیمار با پلی‌آمین‌ها در داوودی (۱۰)، کوکب (۲۱) و گلایل (۲۳) گزارش شده است.

## ویژگی‌های پداژه

**تعداد، وزن و قطر پداژه و پداژک‌ها:** تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار بر وزن پداژه و پداژک و قطر پداژه و پداژک در سطح احتمال ۱٪ و بر تعداد پداژه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین، اثر رقم بر وزن پداژه و پداژک و قطر پداژه در سطح احتمال ۱٪ و بر قطر پداژک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۴).

همان طور که در جدول ۵ آمده است، اندازه و وزن پداژه و پداژک در رقم 'Blue Sea' بیشتر از رقم 'Golden Wave' بود. اما تعداد پداژک در رقم 'Golden Wave' بیشتر بود. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار اسپرمیدین موجب تولید ۲ پداژه به ازای هر گیاه شد و اختلاف معنی‌داری با تیمارهای شاهد و اسپرمین داشت. اما بیشترین وزن و قطر پداژه و پداژک در هر دو رقم مربوط به تیمار پوترسین بود که اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۶).

مراحل تشکیل و نمو پداژه نیازمند تغییرات مورفولوژیک و بیوشیمیایی وسیعی است. همانند ریشه‌زایی و گل‌دهی، دلایل بسیاری وجود دارد که نشان می‌دهند تشکیل اندام‌های زیرزمینی گیاهان نیز تحت کنترل هورمونی است. گزارش‌هایی در مورد اهمیت جیبرلین‌ها، سیتوکینین، جازمونیک اسید و آبسیزیک اسید در انگیزش غده در سیب‌زمینی وجود دارد (۲۸). همچنین، مدر (۲۰) گزارش کرد که پلی‌آمین‌ها برای تشکیل غده در سیب‌زمینی لازم هستند. تیمار پیازهای مریم به صورت محلول‌پاشی یا خیساندن با اسپرمیدین و ATP موجب بهبود و تقویت ویژگی‌های پیازدهی و گل‌دهی شد. تیمار اسپرمیدین بیشتر از ATP بر ویژگی‌های پیازچه‌ها تأثیر داشت (۱۹). کومار و همکاران (۱۶) نشان دادند که هر سه پلی‌آمین اسپرمین، اسپرمیدین و پوترسین تعداد پداژک‌های تولید شده در کشت درون شیشه‌ای گلایل را افزایش دادند. بیشترین تعداد پداژک در تیمار با اسپرمیدین و بیشترین توده پداژک‌های تشکیل شده در تیمار با پوترسین حاصل شد. هنگامی که ممانعت‌کننده دی‌آمین

**جدول ۶. مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلی‌آمینی بر ویژگی‌های پداژه و پداژک فریزیا**

| تیمار | غلظت | وزن پداژه (گرم) | قطر پداژه (میلی‌متر) | تعداد پداژه | وزن پداژک (گرم) | قطر پداژک (میلی‌متر) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| پوترسین | ۰/۵ | ۴/۷۵ab | ۲۲/۲۰ab | ۱/۶۶ab | ۰/۷۵ab | ۹/۶۶a |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۵/۰۵a | ۲۴/۶۸a | ۱/۶۶ab | ۰/۷۶a | ۱۰/۵۳a |
| اسپرمیدین | ۰/۵ | ۴/۴۰ab | ۲۱/۰۳ab | ۲a | ۰/۵۹cd | ۹/۴۵ab |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۴/۵۰ab | ۲۰/۱۶b | ۲a | ۰/۶۳bc | ۹/۵۸ab |
| اسپرمین | ۰/۵ | ۴/۱۶bc | ۱۸/۸۵b | ۱/۱۶b | ۰/۵۳cde | ۸/۱۶ab |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۳/۹۳c | ۱۹/۴۱b | ۱/۳۳ab | ۰/۴۵e | ۸/۸۶ab |
| شاهد | | ۳/۰۸d | ۱۸/۹۳b | ۱/۱۶b | ۰/۵۱de | ۶/۸۵b |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

**جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس تأثیر رقم و تیمارهای پلی‌آمینی بر غلظت عناصر غذایی برگ فریزیا**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | منیزیم | کلسیم | آهن | روی |
| رقم | ۱ | ۰/۰۱۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۲ $^{ns}$ | ۰/۰۳۲ $^{ns}$ | ۰/۰۰۰۲ $^{ns}$ | ۰/۰۰۸ $^{ns}$ | ۰/۰۲۳ $^{ns}$ | ۵/۹۴ $^{ns}$ |
| تیمار | ۶ | ۰/۰۹۳$^{*}$ | ۰/۰۱۳$^{**}$ | ۰/۱۳۹$^{*}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۰/۰۰۲ $^{ns}$ | ۲۰/۴۹ $^{ns}$ | ۴۴/۹۵$^{**}$ |
| رقم × تیمار | ۶ | ۰/۰۰۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۳ $^{ns}$ | ۰/۰۱۳ $^{ns}$ | ۰/۰۰۱ $^{ns}$ | ۰/۰۰۱ $^{ns}$ | ۱/۸۵ $^{ns}$ | ۷/۵۸ $^{ns}$ |
| خطا | ۲۸ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۲۲ | ۱/۲۴۳ | ۰/۰۲۳ | ۰/۱۳۷ | ۳۰۲/۰۰ | ۱۷۲/۴۹ |
| CV (٪) | | ۷/۶۳ | ۶/۶۹ | ۷/۲۴ | ۱۰/۷۲ | ۹/۲۹ | ۵/۹۴ | ۵/۱۷ |

$^{**}$، $^{*}$ و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

اکسیداز، Aminoguanidine (AG)، به کار رفت، توده پداژک‌های تولید شده کاهش یافت. ولی کاربرد پوترسین به همراه آن این اثر را از بین برد و تعداد پداژک‌ها نیز افزایش یافت. ناهد و همکاران (۲۳) نیز گزارش کردند که تعداد پداژه و وزن تر و خشک پداژک‌های گلایل پس از تیمار با پوترسین افزایش یافت. اوونو و همکاران (۲۵) نشان دادند که میزان پلی‌آمین‌ها، بخصوص پوترسین، در هنگام تشکیل غده در *Dioscorea cayenensis* افزایش می‌یابد و تیمار با پوترسین خارجی موجب تسریع غده‌زایی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها موجب پیشرفت تشکیل اندام‌های زیرزمینی گیاه مانند غده و پداژه می‌شوند. احتمالاً پوترسین می‌تواند میزان و یا متابولیسم تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی دیگر را که به طور مستقیم در غده‌زایی تأثیر دارند تغییر دهد و یا موجب حرکت محصولات فتوسنتزی به سمت پداژه‌های تشکیل شده گردد.

## غلظت عناصر غذایی برگ

با توجه به تجزیه واریانس داده‌ها، اثر تیمارهای پلی‌آمینی بر غلظت نیتروژن و پتاسیم برگ در سطح ۵٪ و بر غلظت فسفر، منیزیم و روی برگ در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. اما پلی‌آمین‌ها تأثیری بر غلظت کلسیم و آهن برگ‌ها نداشتند (جدول ۷).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمارهای پلی‌آمینی موجب افزایش غلظت عناصر در برگ شدند. بیشترین میزان غلظت نیتروژن برگ در تیمار با پوترسین و اسپرمین ۱ میلی‌مولار دیده شد. تیمار با پوترسین و اسپرمیدین به طور معنی‌داری موجب افزایش میزان فسفر، پتاسیم و روی در برگ شدند و تقریباً تمام تیمارهای پلی‌آمینی میزان منیزیم برگ را

**جدول ۸ مقایسه میانگین اثر تیمارهای پلی‌آمینی بر غلظت عناصر غذایی برگ فریزیا**

| تیمار | غلظت | نیتروژن (٪) | فسفر (٪) | پتاسیم (٪) | منیزیم (٪) | روی (mg/L) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| پوترسین | ۰/۵ | ۲/۲۲ab | ۰/۴۴ab | ۲/۹۶ab | ۰/۲۸a | ۴۹/۶۰ab |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۲/۳۹a | ۰/۴۷a | ۳/۱۰a | ۰/۲۹a | ۵۱/۳۱a |
| اسپرمیدین | ۰/۵ | ۲/۲۰ab | ۰/۴۶a | ۲/۹۷ab | ۰/۲۸a | ۴۸/۷۵abc |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۲/۲۸ab | ۰/۴۶a | ۳/۰۳a | ۰/۲۸a | ۵۰/۳۰ab |
| اسپرمین | ۰/۵ | ۲/۲۸ab | ۰/۴۰bc | ۲/۷۲b | ۰/۲۵ab | ۴۶/۲۸bc |
| (میلی‌مولار) | ۱ | ۲/۳۷a | ۰/۳۸cd | ۲/۷۵b | ۰/۲۴ab | ۴۴/۸۳c |
| شاهد | | ۲/۰۲b | ۰/۳۴d | ۲/۷۰b | ۰/۲۳b | ۴۴/۴۵c |

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۸). این نتایج مطابق با گزارش‌های ناهد و همکاران (۲۳) و ال-آباجی و همکاران (۷) است.

تحقیقات نشان می‌دهد که پلی‌آمین‌ها در فرایند نمو ریشه دخالت دارند و کاربرد پلی‌آمین‌های خارجی موجب بهبود ساختار ریشه از طریق افزایش درصد ریشه‌های باریک و مویین و کاهش ریشه‌های ضخیم می‌شود. این تغییرات موجب بهبود جذب عناصر و افزایش غلظت آنها در گیاه می‌شود. از سوی دیگر، پلی‌آمین‌ها می‌توانند به عنوان منبع نیتروژن اضافی برای گیاه عمل کنند و موجب افزایش رشد گیاه شوند (۱۷ و ۳۵). گزارش شده که محلول‌پاشی برگی پوترسین موجب افزایش برخی عناصر غذایی درونی گیاه مارچوبه، مانند نیتروژن، پتاسیم، فسفر، آهن و منیزیم (۷) و همچنین افزایش غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر در برگ‌های گلایل (۲۳) شد. در این تحقیق، افزایش میزان عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و روی در گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین و پوترسین می‌تواند دلیل دیگری بر افزایش رشد و بهبود تولید گل و پداژه در این تیمارها باشد. پیش از این گزارش شده که افزایش فسفر و پتاسیم در فریزیا موجب افزایش وزن تر و رشد پداژه می‌شود (۳۱). خلج و همکاران (۱۵) نیز نشان دادند که تعداد و کیفیت گل‌های مریم با افزایش مقدار جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد.

## نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد که پلی‌آمین‌ها نقش حیاتی در تشکیل و نمو گل و پداژه در گیاه فریزیا دارند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اسپرمیدین به‌خوبی می‌تواند موجب افزایش غلظت عناصر غذایی درونی گیاه، افزایش عملکرد گل و بهبود کیفیت ظاهری در هر دو رقم 'Golden Wave' و 'Blue Sea' فریزیا شود. گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار برتری آشکار و معنی‌داری از نظر ارتفاع برگ، تعداد ساقه گل‌دهنده، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، طول گل‌آذین، تعداد گلچه و قطر و طول گلچه نسبت به دیگر تیمارها داشتند. در بین پلی‌آمین‌های به‌کار رفته در این آزمایش، پوترسین اثر مطلوب‌تری بر تولید پداژه داشت. اگرچه گیاهان تیمار شده با اسپرمیدین تعداد پداژه بیشتری تولید کردند، اما پداژه‌های تولید شده در تیمارهای پوترسین وزن بیشتر و اندازه بزرگتری داشتند و چنین پداژه‌هایی در کشت بعدی عملکرد بیشتری خواهند داشت.

## منابع مورد استفاده

۱. اثنی اشعری، م. و م. ر. ذکایی خسروشاهی. ۱۳۸۷. پلی‌آمین‌ها و علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه ابوعلی سینا همدان، ۲۰۵ صفحه.

2. Applewhite, P.B., R. Kaur-Sawhney and A.W. Galston. 2000. A role for spermidine in the bolting and flowering of arabidopsis. Physiol. Plant. 108: 314-320.
3. Aribaud, M. and J. Martin-Tanguy. 1994. Polyamine metabolism, floral initiation and floral development in chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Plant Growth Regul. 15: 23-31.
4. Caffaro, S.V., F. Antognoni, S. Scaramagli and N. Bagni. 1994. Polyamine translocation following photoperiodic flowering induction in soybean. Physiol. Plant. 91: 251-256.
5. Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters. Univ. of Calif., Div. Agric. Sci., Berkeley, pp. 168-173.
6. Ding, Y.F., P. Liu, Y.X. Chang, L. Zhao, D.G. Han and K.D. Xu. 2006. Effect of spermine on physiology of leaves and configuration of florescence of chrysanthemum [J]. Hubei Agric. Sci. 6:789-79.
7. El-Abagy, H.M.H., El-Sh.M. Rashad, A.M.R. Abdel-Mawgoud and N.H.M. El-Greadly. 2010. Physiological and biochemical effects of some bioregulators on growth, productivity and quality of artichoke (*Cynara Scolymus* L.) plant. Res. J. Agric. Biol. Sci. 6: 683-690.
8. El-Bassiouny, H.M.S. 2004. Increasing thermotolerance of *Pisum sativum* L. plants through application of putrescine and stigmasterol. Egypt. J. Biotech. 18: 93-118.
9. El-Bassiouny, H.M., H.A. Mostafa, S.A. El–Khawas, R.A. Hassanein, S.I. Khalil and A.A. Abd El-Monem. 2008. Physiological responses of wheat plant to foliar treatments with arginine or putrescine. Aust. J. Basic Appl. Sci. 2: 1390-1403.
10. El-Sayed, I.M. 2009. Physiological and biological studies on chrysanthemum plant (*Chrysanthemum indicum* L.). MSc. Agric. Ornamental Horticulture, Faculty of Agric., Cairo Univ., Egypt.
11. Hosseini Farahi, M., A. Khalighi, B. Kholdbarin, M. Mashhadi, A. Boojar, S. Eshghi, B. Kavoosi and A. Aboutalebi. 2012. Morphological responses and vase life of *Rosa hybrida* cv. Dolcvita to polyamines spray in hydroponic system. Ann. Biol Res. 3: 4854-4859.
12. Huang, C., B. Chang, K. Wang, S. Her, T. Chen, Y. Chen, C. Cho, L. Liao, K. Huang,W. Chen and Z. Liu. 2004. Changes in polyamine pattern are involved in floral initiation and development in *Polianthes tuberose*. J. Plant Physiol. 161: 709-713.
13. Kaur-Sawhney, R., A.F. Tiburcio, T. Altabella and A.W. Galston. 2003. Polyamines in plants: An overview. J. Cell Mol. Biol. 2: 1-12.
14. Khan, M.K., M. Sajid, A. Rab, I. Jan, H. Zada, M. Zamin, I. Haq, A. Zaman, S.T. Shah and A.U. Rehman. 2012. Influence of nitrogen and phosphorus on flower and corm production of freesia. Afr. J. Biotech. 11: 11936-11942.
15. Khalaj, M.A., B. Edrisi and M. Amiri. 2012. Effect of nitrogen and plant spacing on nutrients uptake, yield and growth of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). J. Ornam. Hort. Plants 2(1): 45-54.
16. Kumar, A., L.M.S. Palni and A. Sood. 2011. Factors affecting in vitro formation of cormlets in *Gladiolus hybridus* Hort. and their field performance. Acta Physiol. Plant. 33: 509-515.
17. Kusano, T., T. Berberich, C. Tateda and Y. Takahashi. 2008. Polyamines: Essential factors for growth and survival. Planta 228: 367-381.
18. Liu, J.H., C. Honda and T. Moriguchi. 2006. Involvement of polyamine in floral and fruit development. Japan Agric. Res. Quart. 40: 51-58.
19. Lobna, S.T. and A.E. Rawia. 2011. Stimulation effect of some bioregulators on flowering, chemical constituents, essential oil and phytohormones of tuberose (*Polianthes tuberos*a L.). N Y Sci. J. 4: 16-21.
20. Mader J.C. 1999. Effects of jasmonic acid, silver nitrate and L-AOPP on the distribution of free and conjugated polyamines in roots and shoots of *Solanum tuberosum* in vitro. J. Plant Physiol. 154: 79-88.
21. Mahgoub, M.H., N. Abd El Aziz and M.A. Mazhar. 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. Amer.-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 10: 769-775.
22. Mahgoub, M.H., A.H. El-Ghorab and M.H. Bekheta. 2006. Effect of some bioregulators on the endogenous phytohormones, chemical composition, essential oil and its antioxidant activity of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.). J. Agric. Sci. 31: 4229-4245.
23. Nahed, G.A.A., S.T. Lobna and M.M.I. Soad. 2009. Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at nubaria. Ozean J. Appl. Sci. 2: 169-179.
24. Nassar, A.H., K.A. El–Tarabily and K. Sivasithamparam. 2003. Growth promotion of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by a polyamine-producing isolate of *Streptomyces griseoluteus*. Plant Growth Regul. 40: 97 – 106.
25. Ovono, P.O., C. Kevers and J. Dommes. 2010. Tuber formation and development of *Dioscorea cayenensis–Dioscorea rotundata* complex in vitro effect of polyamines. In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant. 46: 81-88.

26. Paschalidis, A.K. and A.K. Roubelakis-Angelakis. 2005. Sites and regulation of polyamine catabolism in the tobacco plant. Correlation with cell division/expansion, cell cycle progression and vascular development. Plant Physiol. 138: 2174-2184.
27. Perkin-Elmer. 1982. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk: Perkin-Elmer Co., Connecticut, USA.
28. Prat, S. 2004. Hormonal and day length control of potato tuberisation. PP. 538-560. *In:* Davies, P.J. (ed.) Plant Hormones, Biosynthesis, Signal Transduction, Action, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
29. Talaat, I.M., M.A. Bekheta and M.H. Mahgoub. 2005. Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. Int. J. Agric. Biol. 2: 210-213.
30. Tarenghi, E. and J. Martin-Tanguy. 1995. Polyamines, floral induction and floral development of strawberry (*Fragaria ananassa* Dutch.). Plant Growth Regul. 17: 157-165.
31. Thomas, M., S. Matheson and M. Spurway. 1998. Nutrition of container grown freesias. J. Plant Nutr. 21: 2485-2496.
32. Wada, N., M. Shinozaki and H. Iwamura. 1994. Flower induction by polyamines and related compounds in seedlings of morning glory (*Pharbitis nil* cv. Kidachi). Plant Cell Physiol. 35: 469-472.
*33.* Walinga, I., W. Van Vark, V.J.G. Houba and J.J. Van der Lee. 1989. Plant Analysis Procedures. Part 7, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, pp. 197-200.
34. Wang, L. 2007. Freesia. PP. 665-693. *In:* Anderson, N.O. (Ed.), Flower Breeding and Genetics, Springer.
35. Wu, Q.S., Y.N. Zou, M. Liu and K. Cheng. 2012. Effects of exogenous putrescine on mycorrhiza, root system architecture, and physiological traits of *Glomus mosseae*-colonized trifoliate orange seedlings. Not. Bot. Hort. Agrobot. 40: 80-85.
36. Youssef, A.A., R.A. El-Mergawi and M.S.A. Abd El-Wahed. 2004. Effect of putrescine and phenylalanine on growth and alkaloid production of some Datura species. J. Agric. Sci. 29: 4037-4053.
37. Youssef, A.A., M.H. Mahgoub and I.M. Talaat. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of putrescine and kinetin treatments. Egypt. J. Appl. Sci. 19: 492-510.
38. Zielinska, M., J. Kesy and J. Kopcewicz. 2006. Participation of polyamines in the flowering of the short-day plant *Pharbitis nil*. Plant Growth Regul. 50:149-158.