گل و گیاهان زینتی (۱۴۰۲)، ۸(۲): ۲۴۱-۲۵۴
مقاله پژوهشی

# اثر پاکلوبوترازول و سایکوسل بر ویژگی‌های رشدی و گلدهی شمعدانی (*Pelargonium hortorum*)

**سید مصطفی صادقی، الهام دانائی***

گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار
dr.edanaee@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۳

## چکیده

در گیاهان زینتی به ویژه شمعدانی کنترل رشد رویشی، کاهش ارتفاع گیاهان و افزایش تراکم گیاه از اهمیت بالایی برخوردار است و سایکوسل و پاکلوبوترازول از مواد شیمیایی هستند که به‌طور وسیع در کاهش رشد تعداد زیادی از گیاهان به کار می‌روند. همچنین، به دلیل این‌که این ترکیب‌ها جذب‌کننده رادیکال‌های آزاد نیز هستند، پیری گل‌ها را به تاخیر می‌اندازند و تنش اکسیداتیو را در گیاه کاهش می‌دهند؛ در نتیجه بر ماندگاری گل نیز تاثیر مثبتی دارند. برای بررسی اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و سایکوسل بر شاخص‌های رشد رویشی و گلدهی شمعدانی (*Pelargonium hortorum*) آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی سایکوسل (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و پاکلوبوترازول (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود که در مرحله ٦ تا ٨ برگی به‌کار رفت. نتایج نشان داد که تمام تیمارها بر متغیرهای اندازه‌گیری شده اثر معنی‌دار داشتند. بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی (٦٦/٨٧ گرم)، فعالیت آنزیم کاتالاز (۲/۷۷ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گل) و پراکسیداز (١٤/٣٤ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گل) در تیمار محلول‌پاشی سایکوسل ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین محتوای کلروفیل کل (۱۲/۷۱ میلی گرم در گرم وزن تر برگ)، میزان آنتوسیانین (۲/۹۱ میلی‌گرم در لیتر وزن تر گلبرگ)، پروتئین (۵۱/۱۲ میکروگرم در گرم وزن تر گلبرگ)، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (۲/۷۵ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گل) و ماندگاری گل روی بوته (۲۰/۹۲ روز) در تیمار محلول‌پاشی ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل دیده شد، بیشترین شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای (۷۸/۱۷٪) نیز در تیمار محلول‌پاشی سایکوسل ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود، همچنین بیشترین طول ریشه (۴۳/۸۵ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع گیاه (۲۰/۵۹ سانتی‌متر) نیز در تیمار محلول‌پاشی پاکلوبوترازول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. در حالی‌که بیشترین ارتفاع گیاه (٢٦/٧٨ سانتی‌متر) در شاهد دیده شد. به‌طور کلی، محلول‌پاشی شمعدانی توسط کندکننده‌های رشد به‌ویژه سایکوسل با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای بهبود ویژگی‌های رشدی، گلدهی و افزایش بازار پسندی گیاه، توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** آنزیم، پروتئین، شمعدانی، ماندگاری گل روی بوته.

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]
[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

**مقدمه**

جنس شـــمعدانی[۱]، گیاهانی گلدار، چند ساله و علفی و همیشه سبز هستند که بومی آفریقای جنـوبی بـوده و در تمـام مـدت بهار، تابستان و مدتی از پاییز را گل می‌دهند و به عنوان یک گیاه آپارتمـانی و یـا در فضـای آزاد کشـت می‌شـوند. همچنـین، شمعدانی از جمله گیاهان زینتی پر مصرف بوده و در تجارت بین المللی رتبه دوم گیاهـان باغچـه‌ای را دارا اسـت (Bayat *et al*., 2021).

امروزه برای بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی گسترش یافته اسـت. ایـن مـواد در غلظت‌های بسیار کم قادرند برخی ویژگی‌های رشد و نمو گیـاه را تنظـیم نماینـد (Karimi & Ahmadi, 2018). در گلکـاری، کاهش اندازه برخی گیاهان جهت افزایش بازار پسندی، بسیار مهم است. با این حال ایـن عمـل بایـد بـدون تـاثیر منفـی روی کیفیت و زیبایی گیاه انجام گیرد. معمول‌ترین و شناخته شده‌ترین گروه کندکننده‌های رشد گیاهی، موادی هستند که از بیوسـنتز جیبرلین جلوگیری می‌کنند. پاکلوبوترازول و سایکوسل از انواع کند کنندهای رشد گیاهی می‌باشند که در بسیاری از گونـه‌های گیاهی برای کاهش رشد رویشی استفاده می شوند (Tehranchi & Moradi, 2014).

پاکلوبوترازول، یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین ترکیبات گروه تریازول‌ها است که به منظور کاهش رشد رویشـی در گیاهـان استفاده می‌شود. این ماده با جلوگیری از اکسیداسیون کائورن، از تولید جیبرلین جلوگیری می‌کند و در صنعت گل‌کـاری بـرای کنتـرل انـدازه و کیفیـت گیـاه بـرای محصـولات گونـاگونی اسـتفاده مـی‌شـود (Rossini pinto *et al*., 2005). در پژوهشـی محلول‌پاشی پاکلوبوترازول بر گیاه ختمی چینی[۲]، ارتفاع بوته و سـطح بـرگ را بـه‌طور قابـل تـوجهی کـاهش داد و محتـوای کلروفیل کل و تعداد جوانه‌های گل را افزایش داد در حالیکه گلدهی را به تاخیر انداخت (Nazarudin, 2012). در گل رز نیـز محلول‌پاشی پاکلوبوترازول، تولید ماده خشک برگ، ارتفاع بوته و قطر گل را کاهش داد و موجب افـزایش محتـوای کلروفیـل کل و طول عمر گل گردید (Carvalho-Zanão *et al*., 2018).

سایکوسل از مشتقات کولین است، که امروزه جهت کاهش خوابیدگی و کنترل رشد گیاهان کاربرد فراوانی پیـدا کـرده اسـت. این ترکیب موجب کاهش اندازه یاخته‌ها، افزایش ضخامت دیواره یاخته‌ای، تغلیظ شـیره یاختـه‌ای، افـزایش تعـداد دسـتجات آوندی ساقه، کاهش طول میانگره و افزایش قطر ساقه می‌شـود و از ایـن راه، مقاومـت بـه خوابیـدگی را در گیاهـان افـزایش می‌دهد (Shoa Kazemi *et al*., 2014).

در پژوهشی Alami و Karimi (2019) گزارش نمودند که محلول‌پاشی سایکوسل در آهار[۳] موجب کاهش ارتفاع گیـاه، میـزان جیبرلین و افزایش طول ریشه، قطر گل، محتوای کلروفیل کل و فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. در همیشه بهار[۴] نیـز محلول‌پاشـی سایکوسـل، ارتفاع گیاه را کاهش داد در حالیکه موجب افزایش وزن تر، تعداد برگ و گل، میزان کاروتنوئیـد و اسـانس گردیـد (Shoa Kazemi *et al*., 2014).

۱- *Pelargonium* spp. ۲- *Hibiscus rosa sinensis* ۳- *Zinnia elegans* ۴- *Calendula officinalis* L.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

با توجه به اینکه کاربرد غلظت مناسب بازدارنده‌های رشد برای دستیابی به محصول بازارپسند ضروری به نظر می‌رسد، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی سایکوسل و پاکلوبوترازول بر رشد رویشی و گلدهی گیاه شمعدانی معمولی[1] بود.

**مواد و روش‌ها**

برای بررسی تاثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی سایکوسل و پاکلوبوترازول بر رشد رویشی و گلدهی گیاه شمعدانی معمولی آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه (میانگین دمای روز و شب، ۲۵ و ۱۷ درجه سلسیوس و شدت نور حدود ۶۰ تا ۷۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه و رطوبت نسبی ۵۰-۶۰٪) اجرا گردید که شامل محلول‌پاشی پاکلوبوترازول (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایکوسل (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. در این آزمایش بذور شمعدانی شرکت ساتیمکس آلمان در سینی کشت حاوی کوکوپیت و پرلیت کشت شد و سپس نشاءهای شمعدانی در مرحله ۴ تا ۵ برگی به گلدان اندازه ۱۵ که حاوی خاک لومی، شن و کمپوست به نسبت ۱-۱-۱ بودند، انتقال داده شد. اعمال تیمارها پس از استقرار گیاهان و در مرحله ۶ تا ۸ برگی انجام شد و به منظور جلوگیری ازجذب توسط ریشه، از مقوا برای پوشاندن سطح خاک استفاده شد. محلول پاکلوبوترازول و سایکوسل که به صورت پودر از شرکت سیگما الدریچ هلند خریداری شده بود، بر پایه آب مقطر تهیه شد. همچنین، تیمار شاهد نیز توسط آب مقطر محلول‌پاشی شد. دور و میزان آبیاری برای همه گلدان‌ها یکسان و هر ۴ روز یکبار انجام شد و در نهایت پس از گذشت ۴۰ روز و در مرحله گلدهی کامل، نمونه برداری انجام شد.

**وزن تر و خشک اندام هوایی**

وزن تر اندام هوایی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت صدم گرم توزین شد و جهت اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون ۴۰ درجه نگهداری شدند و در نهایت توسط ترازوی دیجیتالی با دقت صدم گرم توزین شد (Soroori *et al.*, 2022).

**ارتفاع و طول ریشه**

ارتفاع گیاه و طول ریشه نیز با استفاده از متر فلزی اندازه‌گیری شد (Soroori *et al.*, 2022).

**شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای**

تعیین پایداری غشاء یاخته‌های برگی به روش شرح داده شده توسط Jamali Moghadam و Hassanpour Asil، (2021) انجام شد و نمونه‌ها به مدت یک ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در بن ماری قرار داده شدند و با استفاده از EC متر میزان $EC_1$ اندازه‌گیری شد و سپس نمونه‌ها در داخل اتوکلاو به‌مدت۲۰ دقیقه با دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس برای محاسبه $EC_2$ قرار گرفتند و در پایان مقادیر نشت الکترولیت از راه رابطه ۱ محاسبه گردید.

رابطه ۱:

$$\text{شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای} = [\ 1 - (EC_1/EC_2)\ ] \times 100$$

۱- *Pelargonium hortorum*



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

**آنتوسیانین**

مقدار ترکیبات آنتوسیانین با استفاده از روش تغییر pH تعیین شد و جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومترخوانده شد (Rapisarda *et al.*, 2000) و در نهایت غلظت آنتوسیانین‌ها بر حسب میلی‌گرم در لیتر توسط رابطه ۲ محاسبه شد.

رابطه ۲:

$$Cmg/l = (Abs\ pH\ 1 - Abs\ pH\ 4.5) \times 484.82 \times 1000/24825\ DF$$

اعداد ٤٨٤/٨٢ و ٢٤٨٢٥ به‌ترتیب وزن مولکولی و ضریب جذب مولی مولکول سیانیدین-۳-گلوکوزید در طول موج ۵۱۰ نانومتر در محلول بافری می‌باشد. DF نیز عامل رقت محسوب می‌شود.

**کلروفیل کل**

استخراج کلروفیل کل با استفاده از استون انجام شد و جذب نمونه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ٦٦٣ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b قرائت شدند و در نهایت میزان کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ طبق رابطه ۳ محاسبه گردید (Danaee & Abdossi, 2018).

رابطه ۳:

$$Chl = 20.2\ (A645) + 8.02\ (A663) \times V/\ (1000 \times W)$$

V: حجم نمونه، W: وزن نمونه، A: طول موج

**پروتئین**

اندازه‌گیری پروتئین با استفاده از روش Bradford (۱۹۷٦) انجام شد و میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. میزان پروتئین بر حسب میکروگرم بر میلی‌گرم وزن تر محاسبه شد.

**فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز**

جهت سنجش آنزیم‌های کاتالاز از روش Shiu و Lee (۲۰۰۵)، سوپر اکسید دیسموتاز Bayer و Fridovich (۱۹۸۷) و پراکسیداز Holy (۱۹۷۲) استفاده شد و اعداد جذب به ترتیب در طول موج‌های ۲٤۰، ٥٦۰ و ٥۳۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد، سپس بر حسب واحد آنزیم بر گرم محاسبه شد.

**ماندگاری گل روی بوته**

ماندگاری گل روی بوته از زمان باز شدن گلبرگ خارجی گل‌ها تا پژمردگی یا رنگ پریدگی گل‌ها محاسبه گردید و به صورت روز بیان شد (Danaee & Abdossi, 2016).

**واکاوی داده‌ها**

واکاوی داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ٥٪ انجام شد و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر کندکننده‌های رشد بر وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ریشه، ارتفاع گیاه، شاخص ثبات یاخته، کلروفیل کل، پروتئین، فعالیت آنزیم کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز و ماندگاری گل روی بوته در سطح احتمال ۱٪ و بر آنتوسیانین در سطح احتمال ٥٪ معنی‌دار شد (جدول ۱).

### وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج این پژوهش نشان داد، بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی با ٦٦/۸۷ گرم و ۹/۸ گرم مربوط به تیمار سایکوسل ۱٥۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ٤۸/٥۷ گرم و ٦/۸ گرم مربوط به شاهد بود. بررسی‌ها نشان داد که تاثیر اولیه کند کننده‌های رشد، کاهش طول ساقه و رشد گیاه است، اما تاثیر ثانویه آن‌ها افزایش تجمع مواد فتوسنتزی و سایتوکینین در شاخساره است که منجر به افزایش تعداد انشعابات و سرانجام افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود (Akbari & Jalili Marandi, 2014). همچنین سایتوکینین موجب کاهش چیرگی انتهایی می‌شود و کاربرد آن روی جوانه‌های جانبی غیر فعال، موجب تقسیم جدید یاخته و رشد این جوانه‌ها می‌شود و از سویی دیگر سایکوسل از طریق افزایش رشد ریشه و جذب آبِ بیشتر سبب افزایش وزن اندام هوایی گیاه می‌گردد (Lesani & Mojtahedi, 2005). همسو با نتایج این آزمایش، در گیاه کوکب[1] (Hadipour, 2021) و همیشه بهار (Shoa Kazemi *et al*., 2014) نیز کاربرد سایکوسل وزن تر و خشک اندام هوایی را افزایش داد.

### طول ریشه

بررسی‌ها نشان داد، بیشترین طول ریشه با ٤۳/۸٥ سانتی‌متر در تیمار پاکلوبوترازول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین طول ریشه با ۳۰/۱۲ سانتی‌متر در شاهد دیده شد. علت افزایش طول ریشه با محلول‌پاشی پاکلوبوترازول نیز می‌تواند مربوط به اثر تریازول بر ممانعت از سنتز جیبرلین و افزایش سنتز سیتوکینین باشد که در نتیجه موجب افزایش طول ریشه می‌گردد (Amooaghaie & Shariat, 2014). نتایج این تحقیق با نتایج Amooaghaie و Shariat (2014) در گیاهچه‌های لوبیا و Abdul Jaleel و همکاران (2007) در گیاه گلرنگ[2] مطابقت نشان داد.

### ارتفاع گیاه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه به میزان ۲٦/۷۸ سانتی‌متر در شاهد و کمترین ارتفاع (۲۰/٥۹ سانتی‌متر) در تیمار محلول‌پاشی پاکلوبوترازول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (جدول ۲). از آنجا که جیبرلین موجب افزایش حجم یاخته‌های گیاهی و تولید گیاهان با فاصله میانگره بیشتر می‌گردد، کندکننده‌های رشد از طریق ممانعت از بیوسنتز جیبرلین از تقسیم یاخته‌ی در نواحی زیر مریستم انتهایی ساقه و طویل شدن یاخته‌ها جلوگیری می‌کنند و در نتیجه موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌شوند (Hojjati *et al*., 2011). مطابق با نتایج این تحقیق، Moshrefi Araghi و همکاران (2014) در گیاه بنت قنسول[3] و Aghlmand و همکاران (2018) در گیاه ریحان[4] نیز کاهش ارتفاع گیاه تحت تاثیر تیمار کند کننده رشد پاکلوبوترازول را گزارش نمودند.

---

۱- *Dahlia* spp. ۲- *Chatharanthus roseus* ۳- *Euphorbia pulcherrima* Willd. ٤- *Ocimum basilicum* L.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

**جدول ۱- تجزیه واریانس اثر کند کننده‌های رشد بر شاخص‌های رشد رویشی و گلدهی شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**Table 1- Analysis of variance of the effect of growth retardants on vegetative growth and flowering characteristics of geranium (*Pelargonium hortorum*).**

| منبع تغییرات Source of variation | درجه آزادی DF | میانگین مربعات Mean square | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن تر اندام هوایی Fresh weight of aerial part | وزن خشک اندام هوایی Dry weight of aerial part | طول ریشه Root length | ارتفاع گیاه Plant height | شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای Cell membrane stability index | آنتوسیانین Anthocyanin | کلروفیل کل Total chlorophyll | پروتئین Protein | کاتالاز Catalase | سوپراکسید دیسموتاز Superoxide Dismutase | پراکسیداز Peroxidase | ماندگاری گل روی بوته Longevity of the flower on the plant |
| تیمار Treatment | ٦ | 203.18** | 252.15** | 173.22** | 134.53** | 95.24** | 125.01* | 167.92** | 65.23** | 134.28** | 52.16** | 101.13** | 62.41** |
| اشتباه آزمایشی Error | ١٤ | 0.48 | 0.54 | 0.27 | 0.21 | 0.58 | 0.33 | 0.41 | 0.44 | 0.50 | 0.36 | 0.54 | 0.31 |
| ضریب تغییرات (٪) CV (%) | - | 10.32 | 9.64 | 10.23 | 9.77 | 8.05 | 8.14 | 8.43 | 8.67 | 9.71 | 9.06 | 8.23 | 9.03 |

**، *، ns به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ٥٪ و غیرمعنی‌دار

**, * and ns indicate significance at 1% and 5% level and no significance, respectively.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

**جدول ۲- اثر کندکننده‌های رشد بر شاخص‌های رشد رویشی شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**Table 2- The effect of growth retardants on vegetative growth characteristics of geranium) *Pelargonium hortorum*).**

| ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm) | طول ریشه (سانتی‌متر) Root length (cm) | وزن خشک اندام هوایی (گرم) Dry weight of aerial part (g) | وزن تر اندام هوایی (گرم) Fresh weight of aerial part (g) | غلظت (میلی‌گرم در لیتر) Concentration (mg/L) | تیمار Treatment |
|---|---|---|---|---|---|
| $26.78^{a}$ | $30.12^{g}$ | $6.8^{g}$ | $48.57^{f}$ | 0 | شاهد Control |
| $25.26^{b}$ | $39.23^{b}$ | $7.2^{f}$ | $52.85^{e}$ | 50 | پاکلوبوترازول Paclobutrazol |
| $22.14^{d}$ | $36.91^{c}$ | $7.7^{e}$ | $56.24^{d}$ | 75 | |
| $20.59^{g}$ | $43.85^{a}$ | $8.3^{c}$ | $59.89^{c}$ | 100 | |
| $23.12^{c}$ | $32.18^{f}$ | $8.1^{d}$ | $57.62^{d}$ | 500 | سایکوسل Cycocel |
| $21.43^{e}$ | $34.61^{e}$ | $8.6^{b}$ | $61.31^{b}$ | 1000 | |
| $22.26^{f}$ | $35.83^{d}$ | $9.8^{a}$ | $66.87^{a}$ | 1500 | |

حروف یکسان بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح $P\leq0.05$ با آزمون دانکن است.

Identical letters indicate no significant difference at the $P\leq0.05$ level using Duncan's test.

**شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای**

بر اساس یافته‌ها، محلول‌پاشی گیاه توسط سایکوسل ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر با ۷۸/۱۷٪ بیشترین و شاهد با ۶۳/۴۸٪ کمترین شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای را نشان داد (شکل ۱). در طی پیری گلبرگ‌ها، تغییراتی در خصوصیات بیوفیزیکی و بیوشیمیایی غشاهای یاخته رخ می دهد و سایکوسل با افزایش ضخامت و تغییر در ساختار دیواره یاخته بر ثبات غشاء تاثیر می‌گذارد و از تخریب آن ممانعت می‌کند که نتایج این آزمایش با نتایج Hamrahi و همکاران (2008)، در گیاه کلزا مطابقت دارد.

**آنتوسیانین**

بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین میزان آنتوسیانین (۲/۹۱ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین (۱/۱۲ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار پاکلوبوترازول ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود که با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). دلیل افزایش آنتوسیانین‌ها می‌تواند به دلیل افزایش سایتوکینین‌ها در شرایط محلول‌پاشی سایکوسل باشد، زیرا سایتوکین سبب القای بیان آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز که آنزیم کلیدی در بیوسنتز سینامات است می‌گردد که منجر به افزایش آنتوسیانین می‌شود (Ebrahimzadeh *et al.*, 2009). مطابق با یافته‌های این پژوهش، در کلم زینتی[1] نیز سایکوسل موجب افزایش آنتوسیانین گردید (Mortazavi *et al.*, 2017)، همچنین، در گیاه آزالیا[2] نتیجه مشابهی مشاهده شد (Taghipur Jirdehi & Hassanpour Asil, 2022).

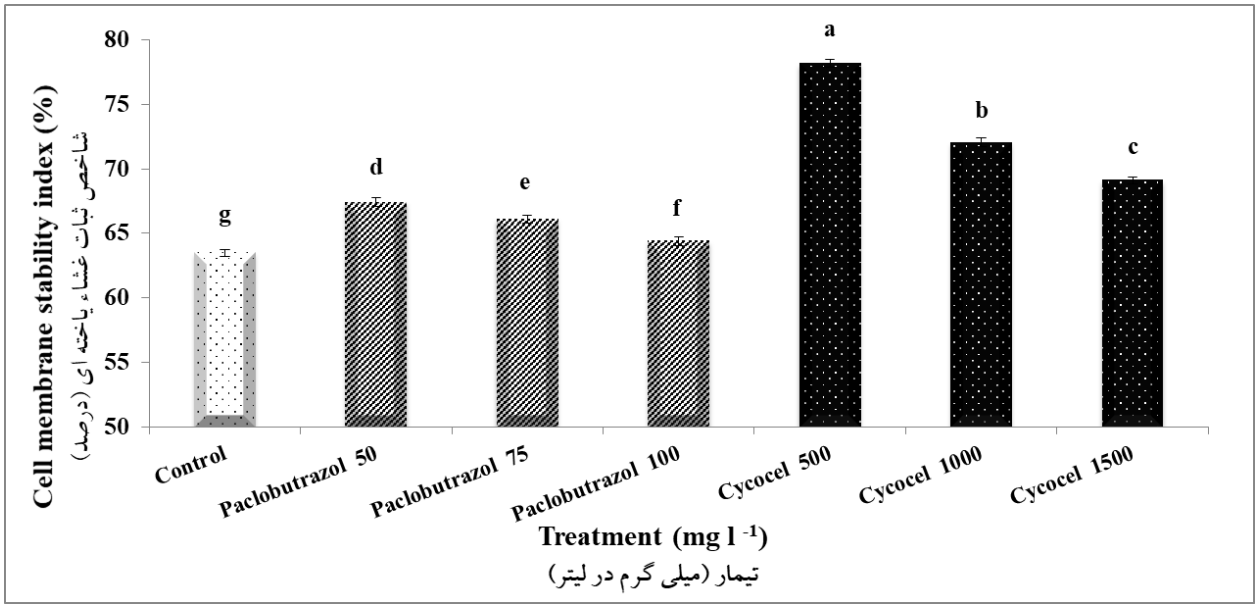
۱- *Brassica oleracea*

۲- *Rhododendron simsii* cv. Japonica Red



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]




**شکل ۱- اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و سایکوسل بر شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**Figure 1. The effect of foliar application of Paclobutrazol and Cycocel on cell membrane stability index of garden geranium *(Pelargonium hortorum*).**

**Bars with similar letters are not significantly different ($P < 0.05$).**

## کلروفیل کل

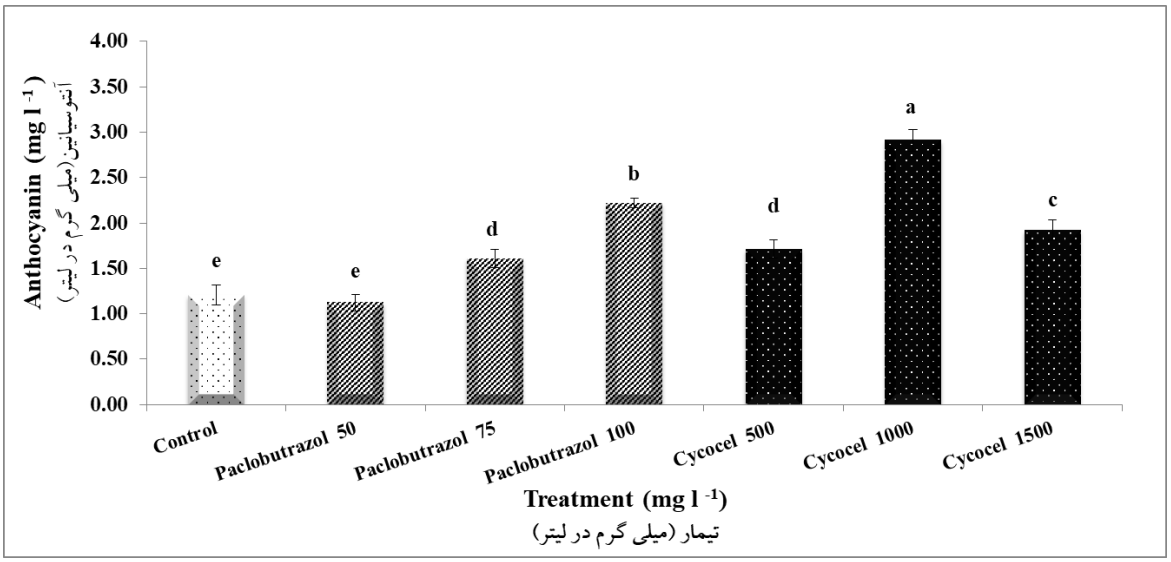
تیمار سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین (۱۲/۷۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و شاهد کمترین (۸/۱۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) محتوای کلروفیل کل را نشان داد (شکل ۳). دلیل افزایش کلروفیل کل با محلول‌پاشی کندکننده‌های رشد می‌تواند مربوط به اثر آن‌ها در افزایش سایتوکینین‌ها باشد، زیرا سایتوکینین‌ها سنتز کلروفیل‌ها را تحریک می‌کنند (Fletche *et al.*, 2000)، همچنین علت افزایش کلروفیل می‌تواند مربوط به نقش کندکننده‌های رشد در به تاخیر انداختن پیری برگ و همچنین ممانعت از تجزیه کلروفیل باشد (Taghipur Jirdehi & Hassanpour Asil, 2022). نتایج این تحقیق با نتایج Moshrefi Araghi و همکاران (2014) در بنت قنسول، Ghatas (2016) در داوودی[1] مطابقت نشان داد.

۱- *Chrysanthemum frutescens*



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

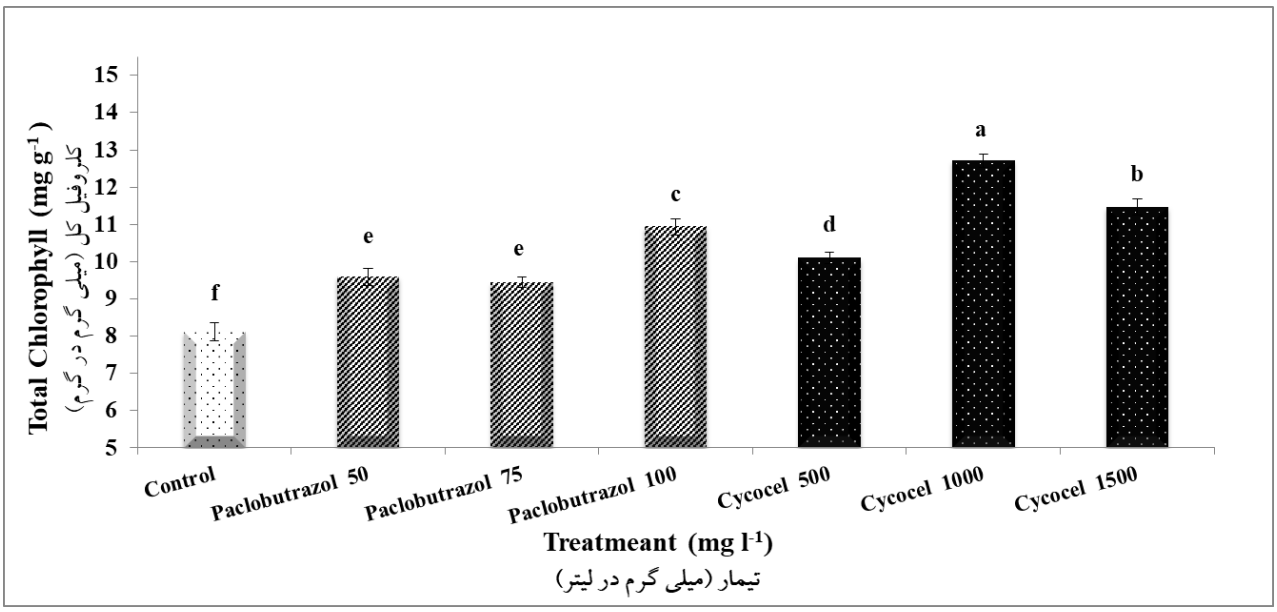



**شکل ۲- اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و سایکوسل بر میزان آنتوسیانین شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**Figure 2- The effect of foliar application of Paclobutrazol and Cycocel on anthocyanin of garden geranium *(Pelargonium hortorum*).**

**Bars with similar letters are not significantly different ($P < 0.05$).**




**شکل ۳- اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و سایکوسل بر محتوای کلروفیل کل برگ شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**Figure 3- The effect of foliar application of Paclobutrazol and Cycocel on total chlorophyll of garden geranium (*Pelargonium hortorum*).**

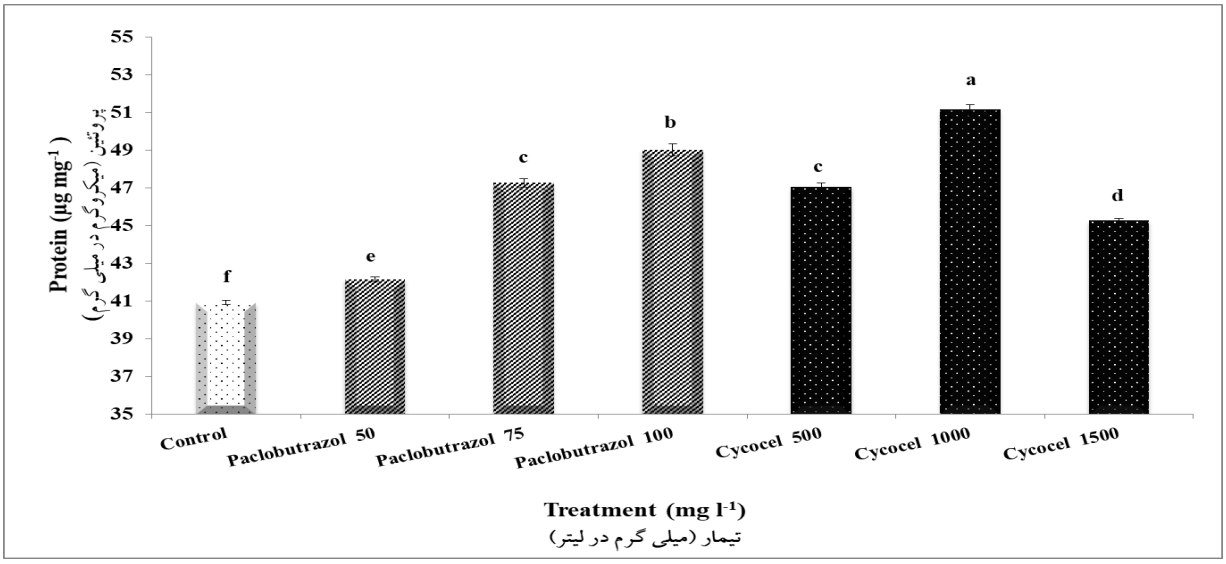
**Bars with similar letters are not significantly different ($P < 0.05$).**

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

**پروتئین**

همانطور که از شکل ٤ نمایان است، بیشترین پروتئین گلبرگ با ٥۱/۱۲ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر گلبرگ در تیمار سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با٤۰/۹۰ میکروگرم در میلی‌گرم وزن تر گلبرگ در شاهد بدست آمد. معمولاً با آغاز پیری گلبرگ‌ها، ساخت پروتئین‌های جدید در گلبرگ‌ها کاهش و تجزیه پروتئین‌ها افزایش می‌یابد (Gerailoo *et al.*, 2014). افزایش میزان پروتئین گلبرگ تحت محلول‌پاشی توسط سایکوسل می‌تواند مربوط به اثر کندکننده‌های رشدی بر بیوسنتز جیبرلین، استرول‌ها و اسید آبسزیک باشد (Sawan, 2008). نتایج این تحقیق با گزارش Salehi Sardoei و همکاران (2021) در شاهدانه[1] مطابقت دارد.




**شکل ٤- اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و سایکوسل بر میزان پروتئین گلبرگ شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ٥ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**Fig 4- The effect of foliar application of Paclobutrazol and Cycocel on the petal protein of garden geranium (*Pelargonium hortorum*).**
**Bars with similar letters are not significantly different ($P < 0.05$).**

**فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز**

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز (۲/۷۷ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ) در تیمار سایکوسل ۱٥۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین (۱/٦۳ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ) در شاهد مشاهده شد، همچنین بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با ۲/۷٥ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ در تیمار سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۱/۰۲ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ در شاهد مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داد، بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز (۱٤/۳٤ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ) در تیمار سایکوسل ۱٥۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین (۱۱/۳۸ واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ) در شاهد مشاهده شد (جدول ۳).

۱- *Cannabis sativa* L.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

با پیری گل‌ها، سیستم های آنزیمی دخیل شامل کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز و پراکسیداز موجب جلوگیری از تشکیل رادیکال هیدروکسیل شده و از تخریب غشاء یاخته‌ای جلوگیری کرده، آنزیم سوپراکسید دیسموتاز رادیکال‌های سمی $O_2^-$ را به $H_2O_2$ تبدیل می‌کند که این ترکیب توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی دیگر نظیر کاتالاز، پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز به $O_2$ و آب تجزیه می‌شود (Ahmadizadeh *et al.*, 2011). با توجه به اینکه کولین‌ها در غشاء چربی یاخته وجود دارند و به عنوان جذب کنندهٔ رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند، محلول‌پاشی گیاه توسط سایکوسل موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی گیاه می‌شود و از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب غشا جلوگیری می‌کند (Akbari *et al.*, 2015)، نتایج این آزمایش با نتایج Karimi و همکاران (2022)، در سوسن[1] و Karimi و Ahmadi (2018)، در اطلسی[2] همراستا بود.

**جدول ۳- اثر کندکننده‌های رشد بر فعالیت آنزیمی شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum*).**

**Table 2- The effect of growth retardants on enzymatic activity of garden geranium (*Pelargonium hortorum*).**

| فعالیت آنزیم پراکسیداز<br>Peroxidase enzyme activity (Unit enzyme $g^{-1}$) | فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز<br>Superoxide dismutase enzyme activity (Unit enzyme $g^{-1}$) | فعالیت آنزیم کاتالاز<br>Catalase enzyme activity (Unit enzyme $g^{-1}$) | غلظت<br>Concentration (mg/l) | تیمار<br>Treatment |
|---|---|---|---|---|
| $11.38^{f}$ | $1.02^{f}$ | $1.63^{f}$ | 0 | شاهد<br>Control |
| $11.75^{e}$ | $1.62^{d}$ | $1.96^{d}$ | 50 | پاکلوبوترازول<br>Paclobutrazol |
| $12.48^{d}$ | $1.32^{e}$ | $2.06^{c}$ | 75 | |
| $13.61^{b}$ | $2.14^{c}$ | $2.53^{b}$ | 100 | |
| $11.83^{e}$ | $1.69^{d}$ | $1.78^{e}$ | 500 | سایکوسل<br>Cycocel |
| $13.17^{c}$ | $2.75^{a}$ | $2.05^{c}$ | 1000 | |
| $14.34^{a}$ | $2.39^{b}$ | $2.77^{a}$ | 1500 | |

حروف یکسان بیانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح $P\leq0.05$ با آزمون دانکن است.

Identical letters indicate no significant difference at the $P\leq0.05$ level using Duncan's test

.

**ماندگاری گل روی بوته**

همانطور که از شکل ۵ نمایان است، بیشترین ماندگاری گل روی بوته با ۲۰/۹۲ روز در تیمار سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین با ۱۴/۲۹ روز در شاهد به‌دست آمد که دلیل آن می‌تواند مربوط به نقش سایکوسل در افزایش فتوسنتز، جذب و انتقال بیشتر مواد مغذی، افزایش پروتئین و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی باشد (Singh *et al.*, 2018)، در بنت قنسول (Moshrefi Araghi *et al.*, 2014)، کوکب (Hadipour, 2021) و داوودی (Singh *et al.*, 2018) نیز محلول‌پاشی گیاه توسط سایکوسل ماندگاری گل روی بوته را افزایش داد.

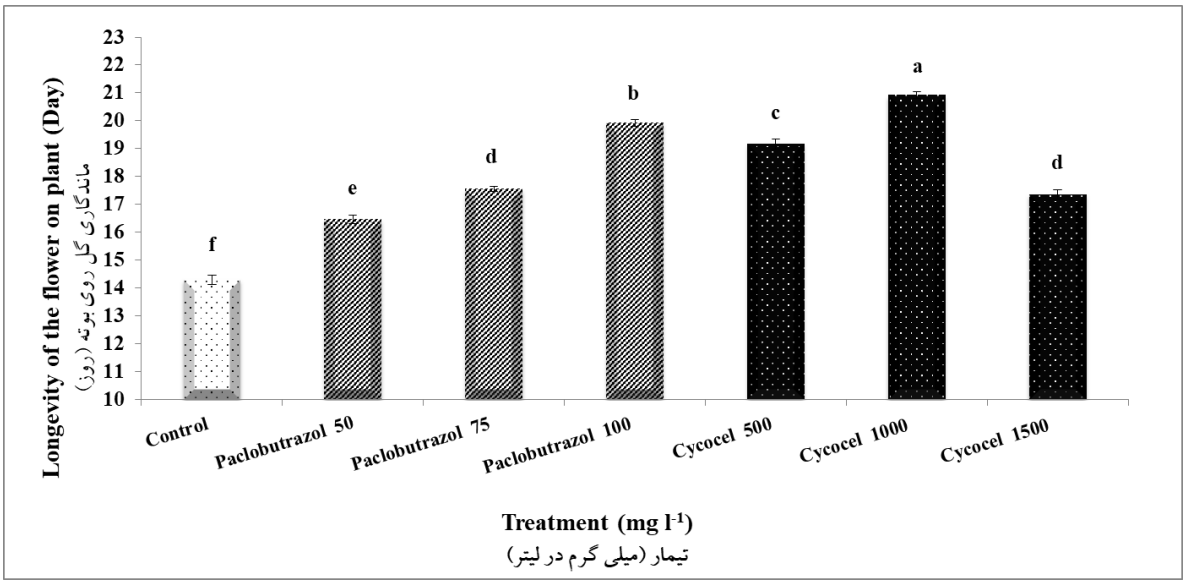
۱- *Longiflorum*×*Asiatic* cv. Eyeliner

۲- *Petunia hybrida* L.



[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]




**شکل ۵- اثر محلول‌پاشی پاکلوبوترازول و سایکوسل بر ماندگاری گل روی بوته شمعدانی (*Pelargonium hortorum*).**

**ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.**

**Figure 5- The effect of foliar application of Paclobutrazol and Cycocel on flower longevity on garden geranium *(Pelargonium hortorum*).**
**Bars with similar letters are not significantly different ($P < 0.05$).**

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در تیمار محلول‌پاشی سایکوسل ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین محتوای کلروفیل کل، میزان آنتوسیانین، پروتئین، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و ماندگاری گل روی بوته در تیمار محلول‌پاشی سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. بیشترین شاخص ثبات غشاء یاخته‌ای نیز در تیمار محلول‌پاشی سایکوسل ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود، همچنین بیشترین طول ریشه و کمترین ارتفاع گیاه نیز در پاکلوبوترازول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. به‌طورکلی، بررسی‌ها نشان داد، کاربرد پاکلوبوترازول و سایکوسل بر رشد رویشی و گلدهی گیاه شمعدانی موثر بوده و برای بهبود ویژگی‌های کیفی شمعدانی، محلول‌پاشی گیاه با ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل توصیه می‌شود.

## منابع


Abdul Jaleel, C., Ragupathi, G., Manivannan, P., Panneerselvam, R. (2007). Responses of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. *Acta Physiologiae Plantarum*, *29*(3), 205-209.

Aghlmand, S., Esmaielpour, B., Jalilvand, P., Hiedari, H R., Tavakoli-hassankelo, N. (2018). Effect of salicylic acid and paclobutrazol on growth and physiological traits of basil under water deficit stress conditions. *Journal of Plant Production and Function*, *6*(19), 35-46. (In Persian).

Ahmadizadeh, M., Valizadeh, M., Zaefizadeh, M., Shahbazi, H. (2011). Antioxidative protection and electrolyte leakage in durum wheat under drought stress condition. *Journal of Applied Sciences Research*, 7(3), 236-246

Akbari, V., Jalili Marandi, R. (2014). Effect of cycocel on growth and photosynthetic pigments of two olive cultivars under different irrigation intervals. *Journal of Horticultural Science*, *27*(4), 460-469. (In Persian).

Akbari, V., Jalili Marandi, R., Farokhzad, A. (2015). Effect of Cycocel on Antioxidative activity and malondialdehyde content of Mary and Mission Olive (*Olea europaea* L.) cultivars under drought stress, *7*(2), 121-135. (In Persian).




[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

Alami, E., Karimi, M. (2020). Effect of cycocel and uniconazole on some morphological and biochemical properties of *Zinnia*. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *7*(1), 81-91.

Amooaghaie, R., Shariat, E. (2014). Effect of cultivar, cold and paclobutrazol on growth, chlorophyll content and cell membrane injury in *Phaseolus vulgaris* plantlet. *Iranian Journal of Plant Biology*, *6*(22), 77-90. (In Persian).

Bayat, H., Karimi, M., Babaei, S. (2021). First report of *Pelargonium* flower break virus (PFBV) in Iran and determining some of its molecular properties. *Flower and Ornamental Plants*; *6* (2), 85-94. (In Persian).

Bayer, W. F., Fridovich, I. (1987). Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in condition. *Analytical Biochemistry*, *161*, 559–566.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Journal of Analytical Biochemistry*, *72*, 248- 254.

Carvalho-Zanão, M., Zanão Júnior, L., Saraiva Grossi, J., Pereira, N. (2018). Potted rose cultivars with paclobutrazol drench applications. *Ciência Rural*, *48*(8), 1-7.

Danaee, E., Abdossi, V. (2018). Effect of different concentration and application methods of polyamines (Putrescine, Spermine, Spermidine) on some morphological, physiological, and enzymatic characteristics and vase life of *Rosa hybrida* cv. 'Dolce Vita' cut flower. *Journal of Ornamental Plants*, *8*(3), 171-182.

Danaee, M., Abdossi, V. (2016). Evaluation of the effect of plant growth substances on longevity of gerbera cut flowers cv. Sorbet. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *7*(1), 1943- 1947.

Ebrahimzadeh, M. A., Nabavi, S. M., Nabavi, S. F., Eslami, B., Ehsanifar, S. (2009). Antioxidant activity of *Hyoscyamus squarrosus* fruits. *Pharmacology Online, 2,* 644-650.

Fletcher, R.A., Gilley, A., Sankhla, N., Davis, T. D. (2000). Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Plant Journal*, *24*, 55-138.

Gerailoo, S., Ghasemnezhad, M., Shiri, M. (2014). Effect of short time treatment of salicylic acid in delaying flowers senescence in cut rose (*Rosa hybrida*) cv. Yellow Island. *Journal of Plant Research*. *27*(2), 309-299. (In Persian).

Ghatas, Y. A. A. (2016). Influence of paclobutrazol and cycocel sprays on the growth, flowering and chemical composition of potted (*Chrysanthemum frutescens*) plant. *Annals of Agriculture Science*, *54*(2), 355-364.

Hadipour, M. (2021). Effect of some plant growth retardants on growth and development parameters of *Dahlia* spp. *Plant and Biotechnology of Iran*, *16*(3), 43–5.1 (In Persian).

Hamrahi, S., Habibi, D., Madani, H., Mashhadi Akbar Boojar, M. (2008). Effect of cycocel and micronutrients on antioxidants rates as indices of drought resistance of rapeseed. *New Finding in Agriculture*, *2*(3), 316-329. (In Persian).

Hojjati, M., Etemadi, N., Baninasab, B. (2011). Effect of Paclobutrazol and Cycocel on vegetative growth and flowering of Zinnia (*Zinnia elegans*). *Journal of Horticultural Science*, *24*(2), 122-127. (In Persian).

Holy, MC. (1972). Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. *Plant Physiology*, *50*, 15-18

Jamali Moghadam, H., Hassanpour Asil, M. (2021). Improving morpho-physiological characteristics and extending vase life of Lily (*Lilium LA hybrid*) cv. Original Love using gibberellic acid and humic acid. *Flower and Ornamental Plants*; *6*(1), 49-70.

Karimi, M., Ahmadi, M. (2019). The effect of inhibitory growth of cycocel and uniconazole on morphological and biochemical characteristics of petunia (*Petunia hybrida* L.). *Journal of Plant Production and Function*, *8*(32), 365-376. (In Persian).

Karimi, M., Salimi, F., Pakdin, A. (2022). The effect of different concentrations of uniconazole and cycocel and their application method on vegetative growth and biochemical properties of *Lilium* hybrids (Longiflorum × Asiatic cv. Eyeliner), *Journal of Horticultural Science, 36*(4), 937-948. (In Persian).

Lesani, H., Mojtahedi, M. (2005). Fundamentals of Plant Physiology. University of Tehran Publication. pp 604 .

Mortazavi, S., Khodabandelu, F., Azimi, M. H. (2017). Effect of cycocel and salicylic acid on morphologic traits of *Brassica Oleracea*, Pink Type. *Journal of Horticultural Science, 30*(4), 590-596. (In Persian).

Moshrefi Araghi, A., Naderi, R., Babalar, M., Taheri, M R. (2014). Effect of different spraying levels of cycocel on vegetative growth and flowering of poinsettia pot plant (*Euphorbia pulcherrima* Willd.). *Journal of Soil and Plant Interactions*; *5*(1), 73-84. (In Persian).

Nazarudin, A. (2012). Plant growth retardants effect on growth and flowering of potted *Hibiscus rosa-sinensis*. *Journal of Tropical Plant Physiology*, *4*, 29-40.

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

Rapisarda, P., Fanella, F., Maccarone, E. (2000). Reliability of analytical methods for determining anthocyanins in blood orange juices. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *48*, 2249 - 52.

Rossini pinto, A.C., Deleo Rodrigues, T. D.J., Leite, I.C., Barbosa, J. C. (2005). Growth retardants on development and ornamental quality of potted Liliput *Zinnia elegans* Jacq. *Scientia Agricola*, *62*, 337-345.

Salehi Sardoei, A., Azad Ghojehbiglou, H., Fattahi Siah Kamri, S., Khazaei, I. (2021). Evaluation effect of Cycocel foliar application on active substance and some physicochemical characteristics of *Cannabis sativa*. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, *9*(3), 29-39. (In Persian).

Sawan, M.Z. (2008). Effect of nitrogen fertilization and foliar application of plant growth retardants and zinc on cottonseed, protein and oil yields and oil properties of cotton. *Journal of Agriculture Crop and Science*, *186*, 183-191.

Shiu, CT., Lee, TM. (2005). Ultraviolet induced oxidative stress and responses of the ascorbate- glutathione cycle in a marine macroalga *Ulva fasciata*. *Journal of Experimental Botany*, *56*, 2851-2865.

Shoa Kazemi, Sh., Hashem Abadi., D., Mohammadi Torkashvand, A., Kaviani, B. (2014). Effect of cycocel and daminozide on vegetative growth, flowering and the content of essence of pot marigold (*Calendula officinalis*). *Journal of Ornamental Plants*, *4*(2), 107-114.

Singh, B., Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedling under water stress. *Plant Growth Regulation*, *39*, 137-14.

Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., Ladanmoghadam, A. (2022). Effect of spermidine foliar application on some morphophysiological traits and secondary metabolites of marigold (*Calendula officinalis* L.) under drought stress. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, *17*(66), 108-125. (In Persian).

Taghipur Jirdehi, S., Hassanpour Asil, M. (2022). The effect of cycocel consumption method on the growth and flowering of azalea (*Rhododendron simsii* cv. Japonica Red). *Iranian Journal of Horticultural Science*, *53*(1): 239-255. (In Persian).

Tehranchi, M., Moradi, P. (2014). The effect of different levels of cycocel on vegetative growth and flowering of Rana Ziba. *National Conference on New Topics in Agriculture*, 362-365. (In Persian).

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]

Flower and Ornamental Plants (2024), 8(2): 241-254
Research article

# The effect of paclobutrazol and cycocel on growth and flowering characteristics of geranium (*Pelargonium hortorum*)

**Seid Mostafa Sadeghi[1], Elham Danaee[2*]**

Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar
dr.edanaee@yahoo.com

## Abstract

In ornamental plants, especially geraniums, controlling vegetative growth, reducing plant height and increasing plant density is of great importance. Cycocel and paclobutrazol are chemical substances that are widely used in reducing the growth of a large number of plants. Because these compounds absorb free radicals, they delay the aging of flowers and reduce oxidative stress in the plant, thus having a positive effect on flower longevity. The effect of foliar application of cycocel and paclobutrazol on vegetative growth and flowering indicators of geranium (*Pelargonium hortorum*) an experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the greenhouse. The treatments included the foliar application of cycocel (0, 500, 1000, and 1500 mg $l^{-1}$) and paclobutrazol (50, 75, and 100 mg $l^{-1}$), which were applied at the 6-8 leaf stage, the results showed that all treatments had a significant effect on the measured variables. The highest fresh (66.87 g) and dry weight of the aerial part (9.8 g), catalase (2.77 unit enzyme g $^{-1}$ FW of petal), and peroxidase activity (14.34 unit enzyme $g^{-1}$ FW of petal) in the 1500 mg $l^{-1}$ foliar application of cycocel and the highest total chlorophyll content of leaf (12.71 mg $g^{-1}$ FW), anthocyanin (2.91 mg l $^{-1}$), protein (51.12 µg $g^{-1}$ FW of petal), superoxide dismutase activity (2.75 unit enzyme $g^{-1}$ FW of petal) and flower longevity on plant (20.92 days) in the 1000 mg $l^{-1}$ foliar application of cycocel were observed. The highest index of membrane stability (78.17 %) was also in the 500 mg $l^{-1}$ cycocel, and the highest root length (43.85 cm) and the lowest plant height (20.59 cm) belonged to the 100 mg $l^{-1}$ paclobutrazol foliar application, while the highest plant height (26.78 cm) belonged to control. In general, foliar application with growth retarders, especially cycocel at 1000 mg $l^{-1}$, is recommended to improve the growth characteristics, and flowering, and increase the marketability of *Pelargonium hortorum*.

**Keywords:** Enzyme, Flower longevity, Geranium, Protein.

[ Downloaded from flowerjournal.org on 2026-11-18 ]

[ DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.241 ]