

بررسی اثر بازدارندگی رشد سایکوسل و یونیکونازول بر ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی اطلسی (*Petunia hybrida* L.)

مهناز کریمی* و مریم احمدی

گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۶/۰۲)

چکیده

کاهش رشد رویشی و کنترل ارتفاع بوته یکی از مهم‌ترین جنبه‌های تولید برخی از گیاهان زینتی است. بدین منظور برای بررسی نقش یونیکونازول و سایکوسل بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی بذر F₂ اطلسی رقم هانگ زیانگ، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به اجرا در آمد. فاکتور اول بازدارنده‌های رشد یونیکونازول (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایکوسل (صفر، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و فاکتور دوم روش استفاده (برگ‌پاشی و مصرف خاکی) بود. صفات مورد ارزیابی شامل: ارتفاع بوته، گسترش عرضی، تعداد شاخه جانبی، تعداد گل، قطر گل، زمان غنچه‌دهی، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز (POD)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، میزان جیبرلین درونی، آنتوسیانین و فنل کل بود. کمترین ارتفاع بوته و میزان هورمون جیبرلین در تیمار یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. مصرف خاکی ۱۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول باعث تولید بیشترین تعداد گل و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شد. بوته‌های تیمار شده با ۵ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول بیشترین قطر گل و فنل کل را ایجاد کرد. اولین غنچه‌دهی مربوط به تیمار سایکوسل ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. با توجه به نتایج به دست آمده برای بهبود صفات رویشی و زایشی اطلسی استفاده از یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت مصرف خاکی و غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به صورت محلول‌پاشی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، بازدارنده‌های رشد، جیبرلین، شاخه جانبی، فعالیت آنزیمی

مقدمه

(Solanaceae) دارای رقم‌های دائمی و یکساله با تنوع در رنگ گل است. این گیاه به صورت گلدانی و باغچه‌ای تولید و عرضه می‌شود. معمولاً بوته‌های حاصل از بذرهای نسل دوم و سوم اطلسی رشد زیادی دارند که باعث بدشکلی گیاه در فضای سبز می‌شود (Chany, 2005; Cowling, 2010). برای بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی گسترش یافته است. این مواد در غلظت‌های بسیار کم قادرند برخی ویژگی‌های رشد و نمو گیاه را تنظیم نمایند؛

کنترل رشد رویشی به منظور کاهش ارتفاع بوته یکی از مهمترین جنبه‌های تولید برخی از گیاهان زینتی است. با روش‌های مختلف از جمله ژنتیکی، کنترل شرایط محیطی و بازدارنده‌های رشد می‌توان اندازه گیاهان را محدود نمود. گل‌های فصلی به دلیل دارا بودن تنوع در شکل و رنگ گل در طراحی فضای سبز شهری مورد توجه هستند. اطلسی (*Petunia hybrida* L.) گیاهی از خانواده سیب‌زمینی‌سانان

همچنین باعث مقاومت به تنش‌های محیطی در گیاهان می‌شوند (Magome et al., 2004). بازدارنده‌های رشد سایکوسل (کلرومکوات کلراید) از مشتقات کولین است. این ترکیب از گروه ترکیبات آنیومی بوده و از پرمصرف‌ترین کندکننده‌های رشد به‌ویژه در اروپا است. این ماده برای کاهش خوابیدگی بوته و کنترل رشد رویشی گیاهان زینتی کاربرد فراوانی پیدا کرده است (Emam and Dastfal, 1997; Rabbi, 2013). در پژوهشی کاربرد کندکننده‌های رشد در گل مینا چمنی (*Belis perennis*) و ختمی گلدانی (*potted Hibiscus rosa-sinensis L.*) موجب کاهش ارتفاع شد (Magnitskiy et al., 2006; Nazardin, 2012). این مواد با ممانعت از سنتز جیبرلین منجر به کاهش سطح برگ، کاهش طول میانگره‌ها و در نتیجه کاهش رشد طولی می‌شوند. در پژوهشی دیگر کاربرد غلظت‌های مختلف سایکوسل و پاکلوبوترازول باعث کاهش ارتفاع در زنبق سیاه (*Iris nigricans* Dinsm.) شد (Al-Khassawneh et al., 2006). کاربرد سایکوسل در گیاه شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens L. cv. Bourbon*) باعث کاهش ارتفاع و افزایش عملکرد اسانس، درصد ماده خشک و نسبت برگ به ساقه گردید (Rabbi Angourani et al., 2013). غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل به‌طور معنی‌داری کلروفیل برگ، دوره گلدهی و قطر ریشه کوکب‌کوهی (*Rudbeckia hirta*) را افزایش داد (Hojjati et al., 2010). بازدارنده‌های رشد در برخی گیاهان زینتی و دارویی از جمله نرگس (*Narcissus cv.*) 'Ice Follies'، سوسن (*Lilium longiflorum*) و فیسالیس (*Physalis peruviana*) به‌منظور تولید گیاهان زینتی پاکوتاه گلدانی مورد استفاده قرار گرفت. این مواد باعث کاهش ارتفاع و کاهش میزان جیبرلین و افزایش سایتوکنین در گیاهان شد (Demir and Chelikel, 2018; Bosch et al., 2016; Francescangeli et al., 2007).

تریازول‌ها از فعال‌ترین بازدارنده‌های رشد به‌شمار می‌آیند. این مواد از رشد طولی گیاه جلوگیری می‌کنند و مهم‌ترین پاسخ گیاه در برابر این ترکیب‌ها، کاهش رشد میان‌گره‌ها و

در نتیجه کاهش ارتفاع گیاه است. از مهم‌ترین تریازول‌ها می‌توان به یونیکونازول اشاره کرد. تأثیر تنظیم‌کننده‌های رشد تریازول به‌دلیل ایجاد تعادل هورمونی، فتوسنتز و فعالیت آنزیمی است (Magome et al., 2004). در پژوهشی محلول‌پاشی ۲ میلی‌گرم در هکتار یونیکونازول در مرحله گیاهچه روی گیاه سویا (*Glycine max*) سبب افزایش معنی‌دار ماده خشک گردید (Yan-Hong, 2009). در پژوهشی غلظت‌های ۵ تا ۸۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول برای کنترل ارتفاع سنبل (*Hyacinth orientalis*) مورد بررسی قرار گرفت. غوطه‌ورکردن سوخ‌های سنبل در غلظت‌های بالای ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سبب کنترل ارتفاع گیاه شد (Krug et al., 2005). در یک بررسی تیمار یونیکونازول ۲۵ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش تعداد برگ در کالانکوه (*Kalanchoe thyrsiflora*) رقم گولد استاپک شده است (Hwang et al., 2008). با توجه به نقش بازدارنده‌های رشد در بهبود صفات رویشی و زایشی گیاهان زینتی هدف از پژوهش حاضر بررسی برخی تغییرات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی گیاه اطلسی در پاسخ به محلول‌پاشی و مصرف در خاک یونیکونازول و سایکوسل بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به اجرا در آمد. فاکتور اول بازدارنده‌های رشد سایکوسل با نام تجاری کلرومکوات کلراید (صفر، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و یونیکونازول با نام تجاری سوماجیک (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، فاکتور دوم روش استفاده این مواد (محلول‌پاشی برگ و یا مصرف خاکی) بود. به‌منظور انجام آزمایش، ابتدا بذر اطلسی F₂ رقم Haun Xiang در سینی کاشت با بستر کوکوپیت کشت گردید. پس از ظهور چهار برگ حقیقی، نشاءها به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۲ سانتی‌متر با ترکیب خاکی مناسب (جدول ۱) منتقل شدند. در مرحله چهار برگی هر گلدان با ۱۶ میلی‌لیتر از بازدارنده‌های رشد تیمار شد.

| بافت خاک | کربن آلی | ماده آلی | ازت کل | هدایت الکتریکی | اسیدیته کل | فسفر | پتاسیم |
|----------|----------|----------|--------|----------------|------------|---------|--------|
| | | (%) | (%) | | | (mg/kg) | |
| لوم | ۰/۹۴ | ۱/۶۱ | ۰/۰۹ | ۱/۱۴ | ۷/۱ | ۵ | ۱۹۷ |

چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی کاملاً ساییده و عصاره در لوله‌های آزمایش سرپیچدار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و در یخچال قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. جذب محلول بالای در طول موج ۵۵۰ نانومتر خوانده شد (Wagner, 1979). برای اندازه‌گیری جیبرلیک اسید درونی گیاه از روش Koshioka و همکاران (۱۹۸۳) استفاده شد. دو گرم نمونه برگ تازه با ۱۰۰ میلی‌لیتر از متانول ۸۰ درصد همگن شد. پس از حذف متانول در ۳۵ درجه سانتی‌گراد ۲۰ میلی‌لیتر بافر فسفات با pH ۸ اضافه شد. اسیدیته با اضافه کردن هیدروکسید پتاسیم به ۹ رسید و استات اتیل اضافه شد. پس از جداکردن دو فاز در نهایت با کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) خوانده شد (Koshioka et al., 1983). مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد و با نرم افزار SAS مورد تجزیه قرار گرفت.

نتایج

ارتفاع بوته: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) اثر بازدارنده‌های رشد بر ارتفاع بوته معنی‌دار و نوع کاربرد (مصرف خاکی و برگ‌پاشی) این مواد روی ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. کمترین ارتفاع بوته به ترتیب با ۳۶/۴۵ و ۳۶/۴۳ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد (شکل ۱).

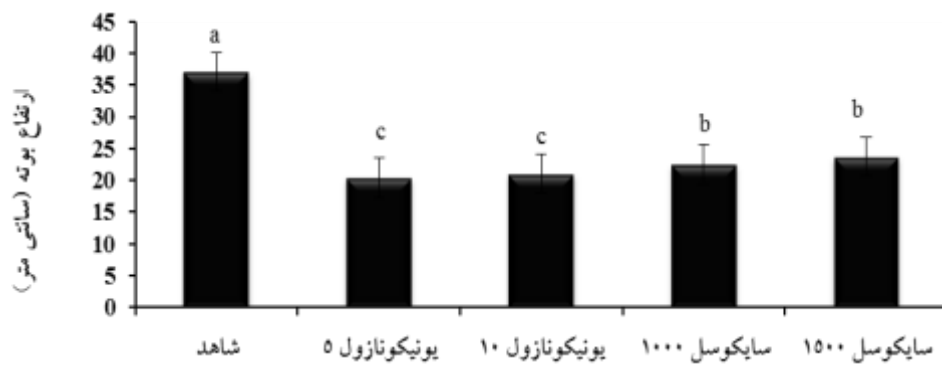
تعداد گل: اثر تیمارهای به‌کار رفته، نحوه کاربرد و برهمکنش آنها بر تعداد گل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد گل با ۴۸/۲۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در مصرف خاکی بود. دیگر تیمارهای مورد استفاده در

در تیمار شاهد از آب‌مقطر استفاده شد. پس از رشد کافی و تولید اولین غنچه گل، ارتفاع بوته، تعداد گل ظاهرشده در ماه اول گلدهی، گسترش عرضی (طول شاخه‌های جانبی)، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل، قطر گل، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز، فنل کل، آنتوسیانین، محتوای کلروفیل و جیبرلین درونی برگ مورد بررسی قرار گرفت. محتوای فنل کل با روش فولین سیوکالتیو تعیین گردید (Waterhouse and Laurie, 2006). برای اندازه‌گیری فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD, EC 1.15.1.1) نمونه بافت برگ در داخل یک هاون و در حضور نیتروژن مایع آسیاب شد و به دمای ۸۰ - درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. ۰/۲ گرم نمونه منجمد با ۰/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم، ۰/۱ گرم پلی‌وینیل پیرولیدین (PVPP) و pH=۷ رقیق شد. همگن‌های حاصل در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و بخش رویی برای سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز مورد استفاده قرار گرفت (Giannopolitis and Ries, 1997). برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز (POD, EC 1.11.1.7) ۰/۲ گرم از بافت تازه برگ در نیتروژن مایع آسیاب شد و در بافر پتاسیم فسفات ۰/۰۲ مولار با pH=۶/۸ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد عصاره‌گیری گردید. سپس همگن حاصل در ۱۲۰۰۰ دور در دمای ۴-۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی جهت اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت آنزیم پراکسیداز با افزودن مقادیر مناسب از عصاره آنزیمی ۲۰ میکرولیتر، ۶۰ میکرولیتر محلول گاباکول و ۴۹۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد (Ghanati et al., 2002). جهت سنجش آنتوسیانین یک گرم از نمونه گیاهی در هاون

جدول ۲- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد گل، گسترش عرضی تعداد شاخه جانبی، زمان غنچه‌دهی و قطر گل گیاه اطلسی در حضور بازدارنده‌های رشد سایکوسل و یونیکونازول

| میانگین مربعات صفات | | | | | | | |
|---------------------|------------|-------------------------|----------|------------------------|------------------|---------------------|-------------------|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد گل | گسترش عرضی (سانتی‌متر) | تعداد شاخه جانبی | زمان غنچه دهی (روز) | قطر گل (میلی‌متر) |
| بازدارنده (A) | ۴ | ۴۷۲ ** | ۱۰۴ ** | ۶/۴۴ ** | ۲/۷۳ ** | ۴۱۹ ** | ۵۰/۵ ** |
| نوع کاربرد (B) | ۱ | ۶/۴۸ ns | ۵۴/۰ ** | ۱/۱۲ ns | ۱/۶۲ * | ۴۸/۰ ns | ۸۴/۵ ** |
| A * B | ۴ | ۰/۴۳۱ ns | ۸/۱۸ ** | ۱/۳۲ ns | ۱/۹۷ ** | ۱۱/۵ ns | ۴۲/۰ ** |
| خطا | ۳۹ | ۲/۶۱ | ۰/۹۲۵ | ۰/۵۴۳ | ۰/۴۱۲ | ۱۴/۸ | ۵/۲۳ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۶/۴۸ | ۳/۷۳ | ۱۲/۵ | ۲۱/۹ | ۶/۶۵ | ۴/۴۰ |

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم تفاوت معنی دار



شکل ۱- اثر یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر ارتفاع بوته اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

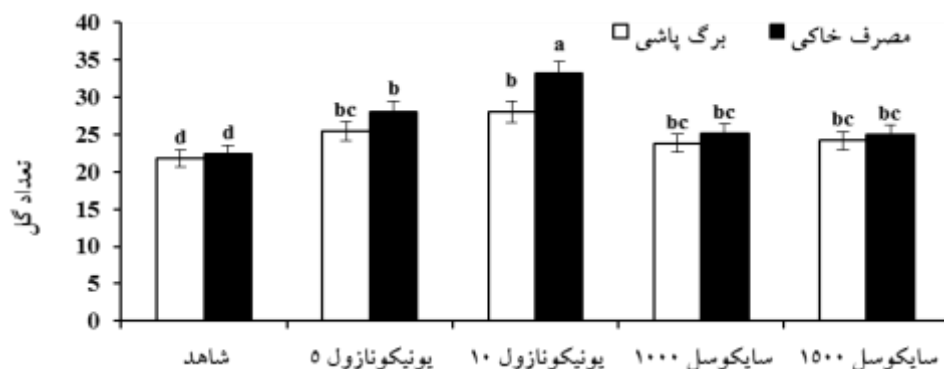
مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش تعداد گل در بوته‌های اطلسی شدند (شکل ۲).
گسترش عرضی: جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر بازدارنده‌های رشد بر گسترش عرضی گل اطلسی معنی دار است. کمترین گسترش عرضی به ترتیب با ۲۸/۵۸ و ۲۵/۷۱ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مشاهده شد. بیشترین گسترش عرضی در بوته‌های شاهد مشاهده شد. بین دو تیمار یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۳).
تعداد شاخه جانبی: نتایج حاصل از اثر بازدارنده‌های رشد، نوع کاربرد و برهمکنش آنها بر تعداد شاخه‌های جانبی معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخه جانبی با ۴۸/۳۸ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در بوته‌هایی بود که تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول به صورت مصرف خاکی استفاده شده بود. بعد از این تیمار بوته‌های تیمار شده با ۵ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول دارای بیشترین شاخه جانبی بودند. کمترین شاخه جانبی با ۲۹ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مصرف خاکی مشاهده شد (شکل ۴).

زمان غنچه‌دهی: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از معنی دار بودن تیمار هورمونی بر زمان غنچه‌دهی (از

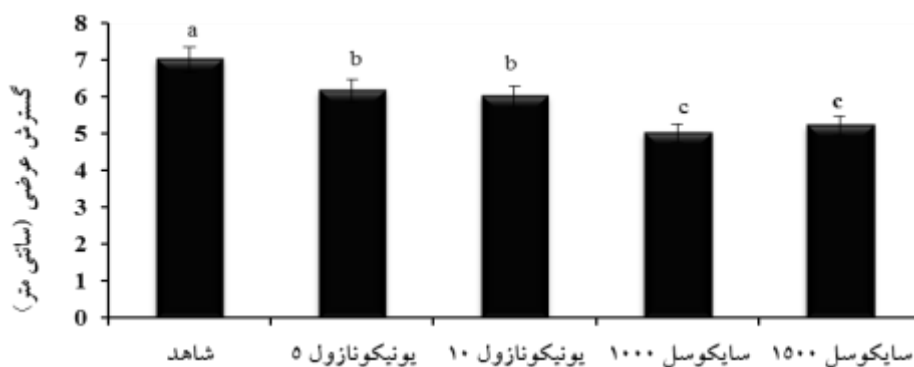
مقایسه با تیمار شاهد سبب افزایش تعداد گل در بوته‌های اطلسی شدند (شکل ۲).

گسترش عرضی: جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر بازدارنده‌های رشد بر گسترش عرضی گل اطلسی معنی دار است. کمترین گسترش عرضی به ترتیب با ۲۸/۵۸ و ۲۵/۷۱ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل مشاهده شد. بیشترین گسترش عرضی در بوته‌های شاهد مشاهده شد. بین دو تیمار یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۳).

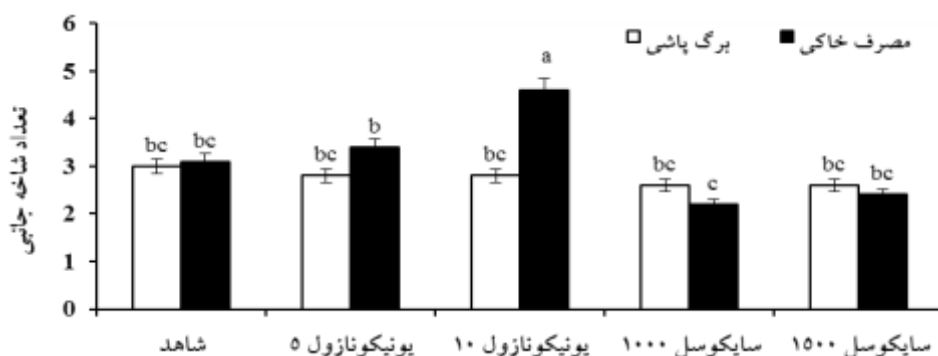
تعداد شاخه جانبی: نتایج حاصل از اثر بازدارنده‌های رشد،



شکل ۲- برهمکنش بازدارنده‌های رشد یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نوع کاربرد (مصرف خاکی یا برگ‌پاشی) بر تعداد گل در گیاه اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۳- اثر یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر گسترش عرضی بوته اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۴- برهمکنش بازدارنده‌های رشد یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نوع کاربرد (مصرف خاکی یا برگ‌پاشی) بر تعداد شاخه جانبی در گیاه اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

زمان کاشت بذر تا تولید اولین غنچه) است. کمترین مدت زمان شروع تولید غنچه با ۲۰/۷۳ درصد کاهش نسبت به تیمار

یک درصد معنی دار بود. بیشترین میزان این هورمون در تیمار شاهد بود. تیمارهای یونیکونازول و سایکوسل دارای جیبرلین درونی کمتری نسبت به تیمار شاهد بودند. کمترین میزان جیبرلین درونی گیاه به ترتیب با ۲۷/۲۲ و ۲۷ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در گیاهان تیمارشده با یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد (شکل D - ۷).

بحث

تولید گیاهان پاکوتاه یکی از جنبه‌های زینتی در برخی گل‌های فصلی و گلدانی است. یک روش مؤثر برای کنترل ارتفاع گیاهان استفاده از بازدارنده‌های رشد گیاهی است (Chany, 2005). مکانیسم اثر بازدارنده‌های رشد جلوگیری از بیوسنتز جیبرلین است و به آنتی جیبرلین معروف‌اند. جیبرلین در تقسیم سلول و رشد طولی سلول‌ها نقش دارد (Keever, 1990; Jiang and Joyce, 2003; Chany, 2005). در پژوهش حاضر میزان جیبرلین درونی در گیاهان تیمارشده با یونیکونازول و سایکوسل کاهش پیدا کرد. یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر مؤثرترین تیمار در کاهش ارتفاع بودند. دلیل پاکوتاهی گیاهان تیمارشده با بازدارنده‌های رشد را می‌توان به کاهش سنتز جیبرلین مرتبط دانست. در پژوهش‌های مختلفی اثر پاکوتاه‌کنندگی بیشتر بازدارنده‌های رشد روی گیاهان زینتی گزارش شده است. در پژوهشی تیمار سایکوسل و پاکلوبوتراوزل باعث پاکوتاهی گیاه آسونیگا (*Tabernaemontana coronaria*) شد. در این بررسی میزان جیبرلین در برگ گیاهان تیمارشده نسبت به شاهد کاهش نشان داده بود (Youssef and Abd El Aal, 2013). کاربرد یونیکونازول ارتفاع سنبل (*Hyacinth orientalis*) را کاهش داد (Krug et al., 2005).

در نتایج پژوهش حاضر تعداد شاخه‌های جانبی در تیمار یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر در مقایسه با شاهد معنی دار بود. گزارش شده است که بازدارنده‌های رشد طول میانگروه‌ها را کاهش می‌دهند و غالبیت انتهایی را از بین می‌برند. (Keever, 1990; Jiang and Joyce, 2003; Chany,)

شاهد مربوط به تیمار سایکوسل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود. تفاوت معنی داری بین تیمار مذکور با تیمار سایکوسل ۱۰۰۰ و یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر مشاهده نشد. طولانی‌ترین مدت زمان شروع تولید غنچه در تیمار شاهد مشاهده شد. بین تیمار شاهد و یونیکونازول ۵ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی دار نبود (شکل ۵).

قطر گل: بررسی قطر گل در بوته‌های اطلسی نشان داد که بازدارنده‌های رشد و روش استفاده این مواد می‌تواند در قطر گل مؤثر باشد. بیشترین قطر گل با ۱۵/۶۸ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در یونیکونازول ۵ میلی گرم در لیتر به صورت مصرف خاکی بود (شکل ۶). کمترین قطر گل با ۳/۹۲ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد در مصرف خاکی سایکوسل ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز: اثر تیمارهای مورد استفاده بر فعالیت هر دو آنزیم مورد بررسی معنی دار بود. اثر نوع کاربرد روی فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی دار بود (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاهان تیمارشده با یونیکونازول ۱۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. تفاوت معنی داری بین دیگر تیمارها با تیمار شاهد در فعالیت آنزیم پراکسیداز مشاهده نشد (شکل A - ۷). کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار شاهد بود (شکل B - ۷).

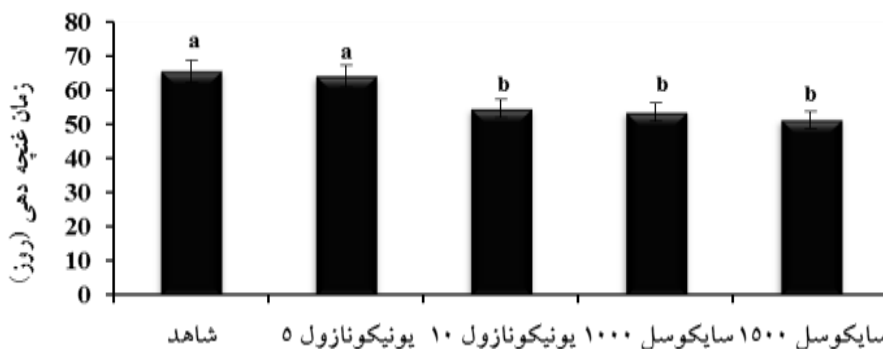
محتوای فنل و آنتوسیانین کل: اثر تیمار هورمونی، روش کاربرد و برهمکنش آنها بر محتوای آنتوسیانین کل معنی دار نبود. اثر ساده تیمار هورمونی بر میزان فنل کل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). بیشترین فنل کل با ۱۵/۱ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد در یونیکونازول ۵ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. کمترین فنل کل با ۳۰/۷۶ درصد کاهش نسبت به شاهد در سایکوسل ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. تفاوت معنی داری بین تیمار مذکور با تیمار ۱۰ میلی گرم در لیتر یونیکونازول وجود نداشت (شکل C - ۷).

جیبرلین برگ: طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر تیمارهای مورد استفاده بر میزان جیبرلین برگ در سطح احتمال

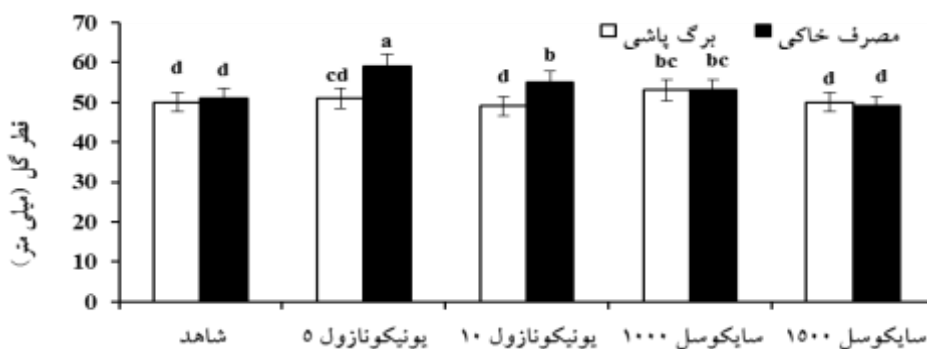
جدول ۳- تجزیه واریانس فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز، جیبرلین، آنتوسیانین و فنل در گیاه اطلسی در حضور بازدارنده‌های رشد سایکوسل و یونیکونازول

| منابع تغییرات | درجه آزادی | پراکسیداز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین) | سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی‌گرم پروتئین) | فنل (میلی‌گرم کوئرستین بر گرم وزن تر) | جیبرلین (میکروگرم بر گرم وزن تر) |
|------------------|------------|--------------------------------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|
| بازدارنده (A) | ۴ | ۰/۱۲۲ ** | ۰/۴۲۲ ** | ۴/۲۶ ** | ۲۴۸۱ ** |
| نوع کاربرد (B) | ۱ | ۰/۰۷۱ ** | ۰/۰۱۲ ns | ۲/۶۵ ns | ۰/۰۸۲ ns |
| A * B | ۴ | ۰/۰۱۳ ns | ۰/۰۱۱ ns | ۰/۱۹۱ ns | ۱/۹۸ ns |
| خطا | ۳۹ | ۰/۱۴۰ | ۰/۰۰۴ | ۰/۸۲۲ | ۱/۸۹ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱/۴۱ | ۲/۸۰ | ۲۹/۳ | ۱/۲۱ |

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ns عدم تفاوت معنی دار



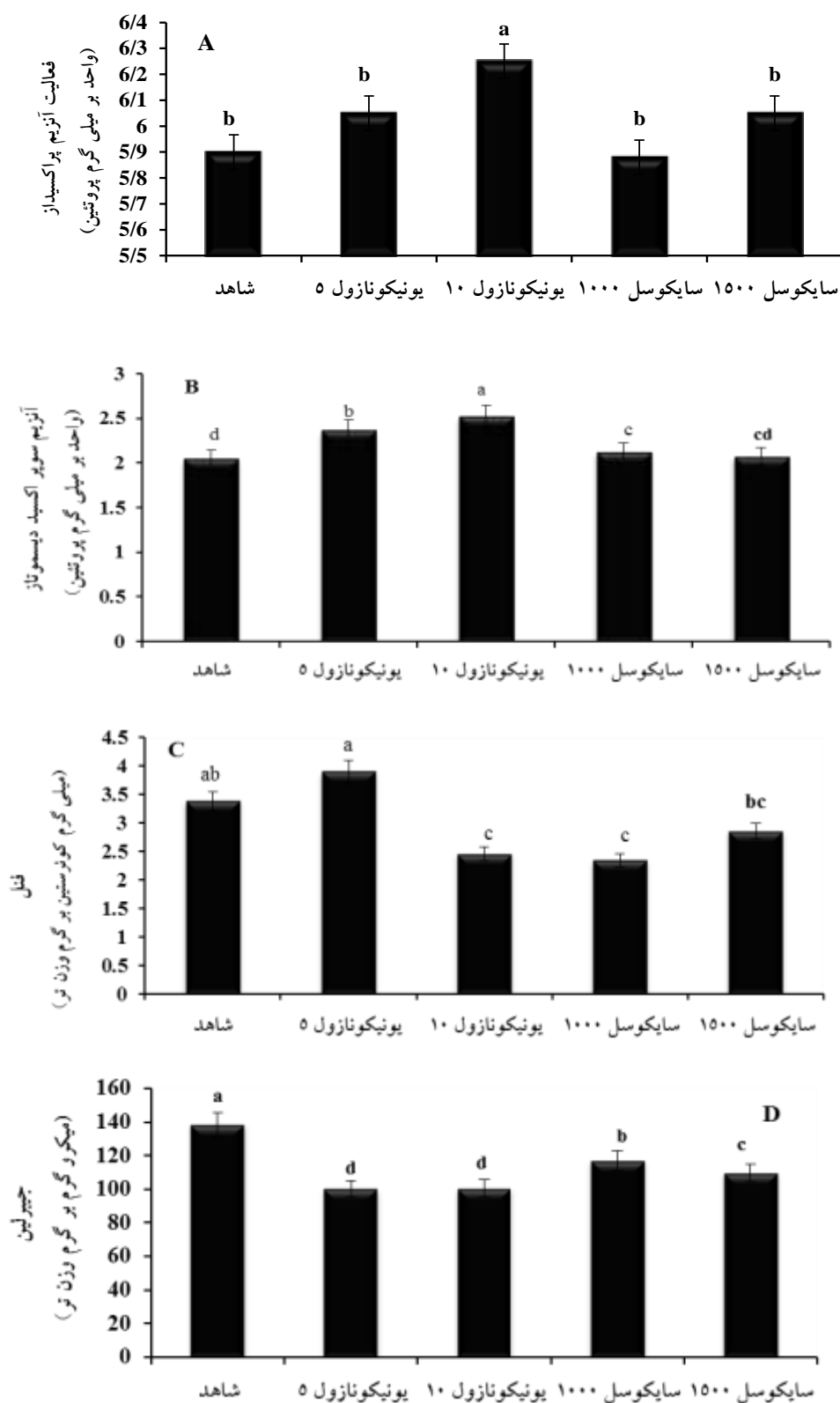
شکل ۵- اثر یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر زمان غنچه‌دهی در اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۶- برهمکنش بازدارنده‌های رشد یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نوع کاربرد (مصرف خاکی یا برگ‌پاشی) بر قطر گل گیاه اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

جانبی و تعداد گل می‌شوند (Opik and Rolf, 2005; Rossini et al., 2005; Gopim et al., 2009). بنابراین می‌توان

همچنین بیان شده بازدارنده‌های رشد از طریق افزایش هورمون سیتوکینین باعث افزایش شاخه‌های



شکل ۷- اثر یونیکونازول (۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر) و سایکوسل (۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر) بر فعالیت آنزیم پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، فنل و جیبرلین در گیاه اطلسی. میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

یونیکونازول ۵ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد. سایکوسل ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مؤثرتر از سایکوسل ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در افزایش قطر گل‌ها بود. احتمالاً با کاربرد کندکننده‌های رشد هورمون سیتوکینین درونی افزایش یافته و در نتیجه افزایش تقسیم سلولی نمو و توسعه گل و افزایش قطر گل اتفاق می‌افتد.

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش حاکی از افزایش میزان فنل کل در گیاهان تیمار شده با یونیکونازول ۵ میلی‌گرم در لیتر بود. مطابق با این یافته‌ها، در انبه (*Mangifera indica*) تیمار شده با تریازول‌ها میزان متابولیت‌های ثانویه از جمله فنل افزایش نشان داد. ترکیبات فنلی در گیاه *Ocimum sanctum* با کاربرد تریازول‌ها افزایش نشان داد (Jiang and Joyce, 2003; Gopi et al., 2009). بازدارنده‌های رشد با افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی باعث افزایش مواد فنلی می‌شوند (Zhang et al., 2007).

در بررسی حاضر میزان فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز در تیمار یونیکونازول بیشتر از دیگر تیمارها بود. بین تیمار شاهد و یونیکونازول ۵ و سایکوسل تفاوت معنی‌داری در فعالیت آنزیمی مشاهده نشد. مطابق با یافته‌های حاضر تیمار یونیکونازول ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه سویا شد (Zhang et al., 2007). یونیکونازول با بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز پراکسیداسون لیپیداها و تخریب غشاء را به تأخیر می‌اندازد (Leul and Zhou, 1999) کاهش سطح جیبرلین داخلی پیش‌نیاز القاء گلدهی است که با محلول‌پاشی با بازدارنده‌های رشد به‌دست می‌آید. در پژوهشی نشان داده شد که زودگلدهی در یاسمن (*Jasminum multiflorum*) به‌دلیل عمل ضدجیبرلینی سایکوسل است (Murali and Narayan, 1988). در بررسی حاضر کمترین مدت زمان شروع غنچه‌دهی در تیمارهای ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر یونیکونازول مشاهده شد. مطابق با نتایج حاضر یونیکونازول تأثیر بیشتری بر توسعه

چنین بیان کرد که به‌دلیل از بین رفتن غالبیت انتهایی در بوته‌های اطلسی تیمار شده با یونیکونازول، جوانه‌های جانبی فعال شده و به‌همین دلیل تعداد شاخه جانبی افزایش نشان داد. همچنین در پژوهش حاضر احتمالاً به‌دلیل افزایش هورمون سیتوکینین توسط یونیکونازول تعداد شاخه جانبی بیشتری تولید شد. این نتایج مطابق با نتایج به‌دست آمده روی گیاه برگ‌نو (*Ligustrum vulgare*) و فیسالیس (*Physalis peruviana*) بود (Steinberg et al., 1991; Bosch et al., 2016).

کاربرد کندکننده‌های رشد باعث افزایش هورمون سیتوکینین درونی در گیاه آسونیکا (*Tabernaemontana coronaria*) گردید. این هورمون در تقسیم سلولی، توسعه و نمو گل مؤثر است (Youssef and Abd El Aal, 2013). در بوته‌های اطلسی تیمار شده با یونیکونازول ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیز احتمالاً به‌دلیل افزایش سیتوکینین درونی و همچنین تولید بیشتر شاخه‌های جانبی تعداد گل افزایش نشان داد. گزارش شده است که مصرف حاکی یونیکونازول در افزایش تقسیم سلولی، توسعه و نمو گل نسبت به کاربرد محلول‌پاشی برگ‌پاشی سریع‌تری دارد (Barrett, 2001). در بررسی حاضر برگ‌پاشی سایکوسل مؤثرتر از مصرف حاکی در تولید شاخه‌های جانبی عمل کرد. تأثیر بازدارنده‌های رشد به تعداد دفعات استفاده، شرایط محیطی، حساسیت گونه و رقم به این مواد و روش کاربرد بستگی دارد (Rossini pinto et al., 2005). احتمالاً با توجه به نوع گونه و رقم مورد استفاده در این پژوهش محلول‌پاشی سایکوسل در بهبود صفات مورد بررسی بهتر از مصرف حاکی عمل کرد. در آزمایشی نیز محلول‌پاشی سایکوسل به غلظت ۲۸۵ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش قطر گل در اوستوسپرموم (*Osteospermum ecklonis*) شد (Olsen and Anderson, 1995). در این بررسی نیز مصرف برگ‌پاشی بهتر از مصرف حاکی بود. در پژوهشی جذب سریع‌تر سایکوسل و پاکلوبوترازول از طریق اندام‌های هوایی گزارش شده است (Opik and Rolf, 2005; Rossini pinto et al., 2005; Gopim et al., 2009).

در آزمایش حاضر بیشترین قطر گل در مصرف حاکی

بهترین تیمار در کاهش ارتفاع، افزایش تعداد گل، افزایش تعداد شاخه جانبی، رشد عرضی و بیشترین فعالیت آنزیمی در تیمار یونیکونازول ۵ و ۱۰ میلی گرم در لیتر بود. در گیاهان پاکوتاه شده هورمون جیبرلین به طور معنی داری در مقایسه با تیمار شاهد کاهش نشان داد. در تیمار یونیکونازول مصرف خاکی و در سایکوسل محلول پاشی برگی در بیشتر صفات بهتر عمل کرد.

گل‌ها و افزایش طول ریشه در مقایسه با شاهد در ختمی چینی نشان داد (Nazardin *et al.*, 2012).

نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان از برتری تیمار یونیکونازول و سایکوسل در کنترل ارتفاع و بهبود برخی از ویژگی های رشدی و گلدهی اطلسی رقم هان زیانگ نسبت به تیمار شاهد دارد.

منابع

- AL-Khassawneh, N. M. and Shibli, R. A. (2006) Growth and flowering of black iris (*Iris nigricans* Dinsm.) following treatment with plant growth regulators. *Scientia Horticulture* 107: 187-193.
- Barrett, J. E. (2001) Mechanisms of action. In: *Tips on Regulating Growth of Floriculture Crops* (ed. Gaston, M. L.) Pp. 32-47. Ball Publishing, Batavia.
- Bosch, E., Lorena Cuquel, F. and Tognon, G. B. (2016) Physalis size reduction for potted ornamental plant use. *Ciencia Agrotecnologia* 40: 555-564.
- Chany, W. R. (2005) Growth retardants: A promising tool for managing urban trees. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29: 1224-1236.
- Cowling, W. (2010) The challenge of breeding canola hybrids- new opportunities for WA growers. Western Australian Pty Ltd, Agribusiness Crop.
- Demir, S. and Celikel, F. G. (2018) The effects of ethephon foliar spray on plant height of Narcissus cv. 'Ice Follies' Anadolu Journal of Agricultural Sciences 33: 184-190.
- Emam, Y. and Dastfal, M. (1997) Above and below ground responses of winter barley plants to chlormequat in moist and drying soil. *Crop Research* 14: 457-470.
- Francescangeli, N., Marinangeli, P. and Curvetto, N. (2007) Short communication. Paclobutrazol for height control of two Liliun L.A. hybrids grown in pots. *Spanish Journal of Agricultural Research* 5: 425-43.
- Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H. (2002) Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cell. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 357-364.
- Giannopolitis, C. and Ries, S. (1997) Superoxid desmutase. I. Occurrence in higher plant. *Plant Physiology* 59: 309-314.
- Gopi, R., Jaleel, C. A., Divyanair, V., Azooz, M. and Panneerselvam, R. (2009) Effect of paclobutrazol and ABA on total phenol contents in different parts of holy basil (*Ocimum sanctum*). *Academic Journal of Plant Sciences* 2: 97-101.
- Hwang, S. J., Lee, Y. L., Sivanesan, I. and Jeong, B. R. (2008) Growth control of kalanchoe cultivars Rako and Gold Strike by application of paclobutrazol and uniconazole as soaking treatment of cuttings. *African Journal of Biotechnology* 7: 4212-4218.
- Hojjati, M., Etemadi, N. and Baninasab, B. (2010) Effect of paclobutrazol and cycocel on vegetative growth and flowering of rudbeckia. *Journal of Horticultural Sciences* 24: 122-127.
- Jiang, Y. and Joyce, D. C. (2003) ABA effects on ethylene production, PAL activity, anthocyanin and phenolic contents of strawberry fruit. *Plant Growth Regulation* 39: 171-174.
- Keever, G. J., Foster, W. J. and Stephenson, C. (1990) Paclobutrazol inhibits growth of woody landscape plants. *Journal of Environmental Horticulture* 8: 41-47.
- Koshioka, M., Harda, J., Noma, M., Sassa, T., Ogiama, K., Taylor, J. S., Rood, S. B., Legge, R. L. and Pharis, R. P. (1983) Reversed - phase C₁₈ high performance liquid chromatography of acidic and conjugated gibberellins. *Journal Chromatgr* 256: 101-115.
- Krug, B. A., Whipker, B. E., McCall, I. and Dole, J. M. (2005) Comparison of flurprimidol to ethephon, paclobutrazol and uniconazole for hyacinth height control. *Horticulture Technology* 15: 872-874.
- Leul, M. and Zhou, W. J. (1999) Alleviation of waterlogging damage in winter rape by uniconazole application: effects on enzyme activity, lipid peroxidation, and membrane integrity. *Journal Plant Growth Regulation* 18: 9-14.
- Magome, H., Yamaguchi, S., Hanada, A., Kamiya, Y. and Odadoi, K. (2004) Dwarf and delayed flowering, a novel arabidopsis mutant deficient in gibberellins biosynthesis because of over expression of a putative AP2 transcription factor. *Plant Journal* 37: 720-729.

- Magnitskiy, S. V., Pasion, C. C., Bennett, M. A. and Metzger, J. D. (2006) Controlling plug height of verbena, celosia, and pansy by treating seeds with paclobutrazol. *Horticulture Science* 47: 158-167
- Murali, T. P. and Narayana Gowda, J. V. (1988) Effect of certain growth regulators on growth, composition and flowering in kakada (*Jasminum multiflorum*). M Sc. Thesis. University of Agricultural Sciences, Bangalore.
- Nazardin, A. (2012) Plant growth retardants effect on growth and flowering of potted hibiscus *rosa-sinensis* L. *Journal of Tropical Plant Physiology* 4: 29-40.
- Olsen, W. W. and Andersen, A. S. (1995) The influence of five growth retardants on growth and post production qualities of *Osteospermum ecklonis* cv. calypso. *Scientia Horticulturae* 62: 263-270.
- Opik, H. and Rolfe, S. (2005) *The Physiology of Flowering Plants*. Cambridge University Press.
- Rabbi Angourani, H., Mortazavi, S. N., Rabiei, V. and Zangahani, E. (2013) Effect of cycosel and naphthalene acetic acid on some vegetative characteristics and on essential oil yield in rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L. cv. Bourbon). *Iranian Journal of Horticultural Sciences* 44: 209-216.
- Rossini Pinto, A. C., Rodrigues, T. D., Leits, I. C. and Barbosa, J. C. (2005) Growth retardants on development and ornamental quality of potted *Zinnia elegans* 'Liliput'. *Scientia Agriculturae* 62: 337-345.
- Steinberg, S. L., Zajicek, J. M. and Mc Farland, M. J. (1991) Short-term effect of uniconazole on the water relations and growth of ligustrum. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 460-464.
- Waterhouse, A. L. and Laurie, V. F. (2006) Oxidation of wine phenolics a critical evaluation and hypotheses. *American Journal of Enology and Viticulture* 57: 306-313.
- Wagner, G. J. (1979) Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. *Plant Physiology* 64: 88-93.
- Yan-Hong, Y., Wen-Yu, Y. and Zhang, J. (2009) Effect of spraying uniconazole on dry matter accumulation and distribution of soybean after blooming. *World Applied Sciences Journal* 6: 449-456.
- Youssef, A. S. M. and Abd El-Aal M. M. M. (2013) Effect of paclobutrazol and cycocel on growth, flowering, chemical composition and histological features of potted *Tabernaemontana coronaria* Stapf plant. *Journal of Applied Sciences Research* 9: 5953-5963
- Zhang, M., Liusheng, D., Tian, X., Zhongpei, H., Jianmin, L., Baomin, W. and Zhaohu, L. (2007) Uniconazole-induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. *Journal of Plant Physiology* 164: 709-717.
- Zhou, W. J. and Leul, M. (1999) Uniconazole-induced tolerance of rape plants to heat stress in relation to changes in hormonal levels, enzyme activities and lipid peroxidation. *Plant Growth Regulation* 27: 99-104.

The effect of inhibitory growth of cycocel and uniconazole on morphological and biochemical characteristics of petunia (*Petunia hybrida* L.)

Mahnaz Karimi*, Maryam Ahmadi

Department of Horticultural Sciences, Faculty of crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

(Received: 11/03/2019, Accepted: 24/08/2019)

Abstract

Decreasing vegetative growth and controlling plant height is one of the most important aspects of the production of some ornamental plants. To study the role of uniconazole and cycocel on some morphological and biochemical characteristics of F₂ petunia seed cv. haun xiang, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design using five replications at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. The first factor was plant growth retardants of uniconazole (0, 5 and 10 mg L⁻¹) and cycocel (0, 1000 and 1500 mg L⁻¹), and the second factor was application type (leaf spraying and soil use). The studied traits were plant height, lateral branch number, flower number, flower diameter, budding time, peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD) enzyme activity, endogenous gibberellins, total anthocyanin and total phenol content. The lowest plant height and gibberellin were observed in uniconazole 5 and 10 mg L⁻¹. The highest number of flowers, and enzyme activity was in 10 mg L⁻¹ of uniconazole in soil use. The treated plants with 5 mg L⁻¹ of uniconazole produced the highest flower diameter and total phenol. The onset of flowering was observed at 1500 mg L⁻¹ of cycocel. According to the results of this study, for improving the vegetative and flowering characteristics of petunia seed, the use of 5 and 10 mg L⁻¹ of uniconazole as soil use and spraying with 1500 mg L⁻¹ cycocel is recommended

Key words: Enzymes activity, Gibberellin, Lateral branch, Plant growth retardants, Plant height

Corresponding author, Email: karimi.sanru@gmail.com