علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۵ (ص ۵۱۹-۵۱۱) DOI: 10.22059/ijhs.2016.59813

ارزیابی تأثیر پاکلوبوترازول و ترینگزاپک‌اتیل بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی و فیزیولوژیکی دو گیاه پرچینی رزماری (*Rosmarinus officinalis*) و نوش (*Thuja orientalis* "Morgan")

نجمه زمانی[۱]، نعمت‌الله اعتمادی[۲*] و عبدالرحمان محمدخانی[۳]
۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)
۲. دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۳. دانشیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۸- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۶)

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد به‌ویژه کندکننده‌های رشد افزایش چشمگیری یافته است. تریازول‌ها (پاکلوبوترازول و ترینگزاپک اتیل) به‌عنوان مؤثرترین و کم‌خطرترین کندکننده‌های رشد سبب ایجاد گیاهان پوششی کوتاه‌تر و متراکم‌تر می‌شود که برگ‌های سبز تیره‌تر و ضخیم‌تر دارد. برای ارزیابی تأثیر پاکلوبوترازول و ترینگزاپک‌اتیل بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مرفولوژیکی) و فیزیولوژیکی دو گیاه پرچینی (رزماری و نوش رقم مورگان) آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی شامل شانزده تیمار و سه تکرار اجرا شد. بدین منظور بی‌درنگ پس از هرس هر دو گیاه، محلول‌پاشی برگی پاکلوبوترازول با غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ترینگزاپک‌اتیل با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و آب مقطر به‌عنوان شاهد انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش شامل ارتفاع، طول و عرض گیاه، وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شده، طول میانگره، میزان پرولین، سبزینهٔ (کلروفیل)a، سبزینهٔb و سبزینهٔ کل بود. نتایج نشان دادند کندکننده‌های رشد سبب کاهش رشد طولی و عرضی، طول میانگره‌ها، وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شدهٔ گیاه و افزایش میزان پرولین، سبزینهٔ a، b و کل نسبت به تیمار شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: پاکلوبوترازول، ترینگزاپک‌اتیل، گیاه پرچینی.

The effect of Paclobutrazol and Trinexapac-ethyl on morphological and physiological characteristics of Rosmari (*Rosmarinus officinalis*) and Thuja (*Thuja orientalis* "Morgan") as two hedging plants

Najmeh Zamani[1], Nematollah Etemadi[2*] and Abdolrahman Mohammadkhani[3]
1. Former M.Sc. Student, Faculty of Agriculture-Islamic Azad University Isfahan (Khorasgan Branch), Iran
2. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Iran
3. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran
(Received: May 29, 2014 - Accepted: Apr. 26, 2015)

ABSTRACT

In recent years application of plant growth regulators especially growth retardants, has been significantly increased. Trizols (paclobutrzol and trinexapac-ethyl) as the most effective and least harmful growth retardants, induce more dwarf and denser cover plants with both darker and thicker leaves. Therefore, an experiment based on completely randomized block design with 16 treatments and 3 replicates, was conducted to investigate the effect of paclobutrzol and trinexapac-ethyl application on morphological and physiological characteristics of rosemari and thuja "Morgan" as two hedge plants. Immediately after pruning, foliar spray was applied on each plant with 1000 and 4000 mg/l of paclobutrzol or 1000 mg/l of trinexapac-ethyl. Distilled water was used as control. Measured traits were included plant height and width, wet and dry weight of pruned parts, internode elongation, proline content, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content. Results indicated that growth retardants decreased plant height and width, wet and dry weight of pruned parts and internode elongation, while they increased proline content, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll content as compared to the control plants.

Keywords: hedgeing plant, paclobutrazol, trinexapac-ethyl.

* Corresponding author E-mail: etemadin@cc.iut.ac.ir Tel: 03133913416

مقدمه

پرچین‌ها به‌عنوان بخشی از فضای سبز گیاهانی هستند که به هرس مقاوم بوده و می‌توانند سرزنی‌های مکرر را تحمل کنند. این گیاهان با توجه به یکدست بودن از حیث بافت و رنگ به‌عنوان پس‌زمینه در طراحی فضای سبز استفاده می‌شوند. افزون بر این در ایجاد زیبایی، تعیین مسیر حرکت، ایجاد دیواره‌های بلند، کاهش آلودگی صوتی و مرزهای مشخص در بستر کشت گل‌های فصلی کاشته می‌شوند. در فضای سبز اصفهان بیش از ۹۰درصد پرچین‌های ایجادشده از برگ نو است که نیاز آبی به نسبت بالایی دارد (Taban, 2011). همچنین آفات و بیماری‌های فراوانی از جمله شته‌ها، کنه‌ها، سوسک ژاپنی، نماتدها، سفیدک پودری، گال طوقه، لکهٔ برگی و زخم (شانکر)های پوسیدگی شاخه و ریشهٔ آن را تهدید می‌کند (Maddox *et al*., 2010).

ایران با میانگین بارش‌های آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال بنا بر تعریف آمبرژه در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان بوده (Mardani *et al*., 2011) که این میزان کمتر از یک‌سوم میانگین بارندگی در جهان است. اصفهان از نظر جغرافیایی در مرکز ایران با اقلیمی خشک و گرم در ارتفاع ۱۵۹۰ متری از سطح دریا است (Mamnpoosh *et al*., 2008). میانگین درازمدت بارندگی در شهر اصفهان ۱۲۰ میلی‌لیتر و میانگین دمای سالیانه ۱۶ درجهٔ سلسیوس است در نتیجه از بین عامل‌های محیطی تنش‌زا، خشکی دومین عامل اصلی کاهش عملکرد گیاهان پس از عامل‌های بیماری‌زا است (Alizade, 2008). با توجه به محدودیت منابع آب، شناسایی و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی با ظرفیت عملکرد بالا اهمیت زیادی دارد (Golparvar, 2004).

رزماری تحمل خوبی به کم‌آبی و کم‌وبیش به شوری دارد. همچنین به بسیاری از آفت‌ها و بیماری‌ها و به تشعشع زیاد خورشید مقاوم است و به آلودگی هوا تحمل خوبی نشان می‌دهد، همچنین نوش درختچه‌ای همیشه‌سبز با ارتفاع کم مقاوم به سرما، با نیاز آبی و نوری متوسط که به زهکش خاک حساس است (Taban, 2011).

از سوی دیگر در سال‌های اخیر به‌منظور صرفه‌جویی در وقت، انرژی و کاهش هزینه‌های نگهداری علاقهٔ زیادی برای استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد در کاهش رشد رویشی گیاهان چوبی فضای سبز دیده شده است (Thetford *et al*., 2000). از مهم‌ترین مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد مورد استفاده در گیاهان چوبی فضای سبز مالیک‌هیدازید، یونیکونازول، ترینگزاپک-اتیل و پاکلوبوترازول است (Wade *et al*., 1986). ترینگزاپک‌اتیل و پاکلوبوترازول به‌عنوان دو کندکنندهٔ رشد گیاهی به میزان زیادی در مدیریت فضای سبز برای توقف رشد شاخه و کاهش شمار بارهای سرزنی و هرس استفاده می‌شود که این دو رشد را از راه کاهش میزان هورمون اسید جیبرلیک کند می‌کنند (Ahmadzade *et al*., 2012).

بنابراین با توجه به کمبود منابع آبی در مناطق مرکزی ایران و کاهش بارندگی در سال‌های اخیر همچنین نیاز به افزایش تنوع گونه‌ای در ایجاد پرچین در این مناطق و امکان کاهش هزینه‌های نگهداری (کاهش بارهای هرس) با استفاده از کندکننده‌های رشد این آزمایش روی دو گونه رزماری و نوش رقم مورگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر پاکلوبوترازول و ترینگزاپک‌اتیل بر ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مرفولوژیکی) دو گیاه پرچینی (رزماری *Rosmarinus officinalis* و نوش رقم مورگان *Thuja orientalis* "Morgan") آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقاتی شمارهٔ ۱ سازمان پارک‌ها و فضای سبز اصفهان واقع در شهرک صنعتی محمودآباد اجرا شد. برای انجام این پژوهش از گیاهان دوسالهٔ موجود در ایستگاه با آبیاری هفتگی، وجین علف‌های هرز، کوددهی مراقبت به عمل آمد. سپس به کمک چهارچوب‌های فلزی ساخته شده با ارتفاع ۴۰ و ابعاد ۲۵ سانتی‌متر هرس انجام شد و بی‌درنگ پس از هرس در آغاز فصل رشد محلول‌پاشی برگی پاکلوبوترازول با غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ترینگزاپک‌اتیل با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و آب مقطر به‌عنوان

شاهد به میزان ۱۵۰و۲۰۰سی‌سی به ترتیب برای رزماری و نوش با سمپاش‌های ۲ لیتری انجام شد. پس از گذشت یک ماه از اعمال تیمارها، نخستین یادداشت‌برداری آغاز شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این تحقیق شامل ارتفاع و عرض گیاه، وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شده و طول میانگره‌ها، میزان پرولین، سبزینهٔ (کلروفیل) a، سبزینهٔ b و سبزینهٔ کل بود.

ارزیابی صفات ریخت‌شناختی

اندازه‌گیری ارتفاع و عرض هر گیاه

برای اندازه‌گیری ارتفاع در هر ماه در طی شصت روز، از سه بخش هر گیاه با کمک متر از سطح خاک به‌صورت عمود ارتفاع اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. برای اندازه‌گیری عرض گیاه از بخش میانی به‌صورت عمود بر ارتفاع به کمک چهارچوب‌های ساخته‌شده با متر اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری طول میانگره

طول میانگره در پایان آزمایش از هر گیاه سه شاخه از نقاط مختلف انتخاب و در هر شاخه چهار بار فاصلهٔ بین دو گره اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شده

در انتهای پژوهش با کمک چهارچوب‌های ساخته‌شده به ارتفاع ۴۰ و ابعاد ۲۵ سانتی‌متر برای گونه‌های گیاهی، در اندازه‌های مورد نظر هرس انجام شد و بخش‌های هرس‌شده گردآوری و در پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل و بی‌درنگ با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد که با این توزین وزن تر بخش‌های هرس‌شده به دست آمد. آنگاه برای خشک شدن بخش‌های هرس‌شده در پاکت‌های کاغذی جداگانه در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت، سپس با ترازوی دیجیتال توزین و وزن خشک بخش‌های هرس‌شده به دست آمد.

ارزیابی صفات فیزیولوژیکی

میزان سبزینهٔ برگ‌ها

اندازه‌گیری سبزینهٔ برگ‌ها بنابر روش Arnon (1949) انجام شد. برابر با این روش، ۳۰۰ میلی‌گرم برگ را با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد کامل ساییده و پس از صاف کردن با کاغذ واتمن شمارهٔ ۲ بخش باقی‌مانده روی کاغذ را با همان استون دوباره به‌طور کامل ساییده و پس از صاف کردن دوباره به حجم ۱۵ میلی‌لیتر رسانده شد. آنگاه میزان جذب توسط طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر خوانده شد و از روابط مربوطه برای تعیین غلظت سبزینه (میلی‌گرم بر گرم وزن تر گیاه) استفاده شد.

میزان پرولین برگ‌ها

نمونهٔ تازهٔ برگ‌ها با نیتروژن مایع خرد شده و با سولفوسالیسیلیک اسید همگن (هموژن) شد. پس از سانتریفیوژ، محلول به همراه اسیدنین هیدرین و اسید استیک در آب جوش قرار داده شد و سپس برای توقف واکنش در یخ قرار گرفت. پس از افزودن تولوئن، جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه دستگاه طیف‌سنج نوری اندازه‌گیری و میان پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد (Bates *et al*., 1973).

نتایج و بحث

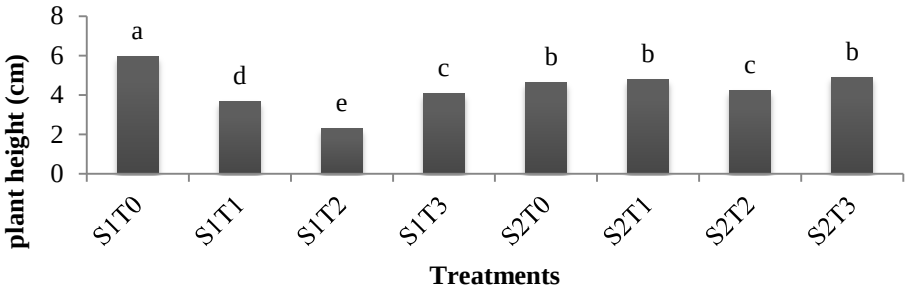
ارزیابی صفات ریخت‌شناختی

رشد طولی و عرضی

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که بین دو گونه و تیمارهای مختلف کندکننده‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها از نظر رشد طولی و عرضی در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

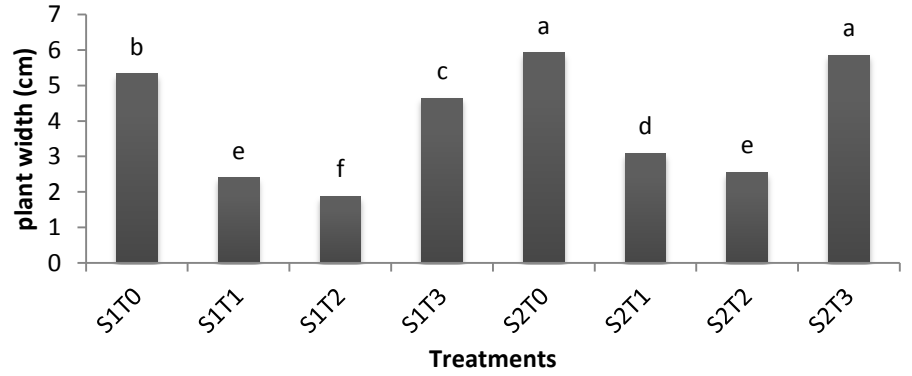
کمترین میزان رشد طولی و عرضی در گونهٔ رزماری و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲). همچنین در گیاهان نوش تیمارشده با کندکننده‌های رشد زردی و سوختگی برگ‌ها مشاهده شد. از اثرگذاری‌های اولیهٔ ترکیب‌های تریازولی جلوگیری از فعالیت کائورن اکسیداز است، این آنزیم تبدیل انت کائورن به کائورنیک اسید را کاتالیز می‌کند، در نتیجه میزان جیبرلین کاهش می‌یابد که سبب کاهش تقسیم یاخته‌ای، پاکوتاهی و تراکم گیاهان می‌شود

(Hazraika, 2003). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که پاکلوبوترازول سبب کاهش رشد درختچه‌های جاکوبینا (Bably *et al*., 2009)، ختمی چینی (Nazarudin, 2012)، زیتون (Adelson *et al*., 2012)، فیکوس بنجامین، شمعدانی (Hojati *et al*., 2009) شده است. از سوی دیگر کاربرد ترینگزاپک‌اتیل سبب کاهش رشد شمشاد، آزالیا، یاس، برگ‌بو چینی و برگ‌بو برگ مو می‌شد (Thetford *et al*., 2000).



شکل۱. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر رشد طولی دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ppm۱۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ppm۴۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ppm۱۰۰۰ ترینگزاپک‌اتیل. میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 1. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on plant height in two species of (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.



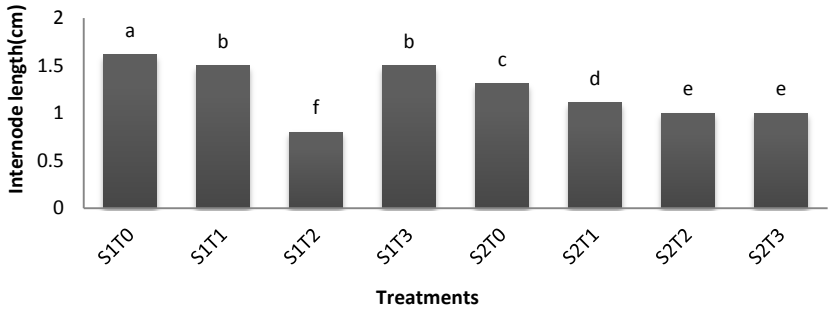
شکل۲. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر رشد عرضی دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ppm۱۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ppm۴۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ppm۱۰۰۰ ترینگزاپک‌اتیل.
میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 2. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on plant width in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.

طول میانگره

نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر تیمار کندکننده‌های رشد بر طول کاهش طول میانگره نسبت به شاهد می‌شود و کمترین آن در گونهٔ رزماری و پاکلوبوترازول ۴۰۰۰ میلی‌گرم میانگره‌ها نشان داد که بین دو گونه و تیمارهای مختلف کندکننده‌های رشد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین طول میانگره مربوط به گونهٔ رزماری و تیمار شاهد به میزان ۱/۶۱۷ سانتی‌متر و کندکننده‌های رشد سبب در لیتر است (شکل۳). به نظر می‌رسد ترکیب‌های تریازولی (پاکلوبوترازول و ترینگزاپک‌اتیل) بازدارندهٔ زیست‌ساخت (بیوسنتز) جیبرلین بوده و سبب کند شدن رشد در دامنهٔ گسترده‌ای از محصولات می‌شود که این عمل به کوتاه

شدن میانگره‌ها و توقف درازمدت در رشد منجر می‌شود (Ahmadzade *et al*., 2012). محلول‌پاشی گل جعفری، بگونیا، اطلسی، تاج‌خروس، آهار، حسن‌یوسف، ستاره با ترینگزاپک‌اتیل سبب کاهش طول میانگره‌ها می‌شود (Gary *et al*., 2005). در تحقیقات روی شماری از گیاهان فضای سبز نشان داده شد که محلول‌پاشی پاکلوبوترازول گل کوکب کوهی و آهار سبب کاهش طول میانگره شد (Hojati *et al*., 2010).

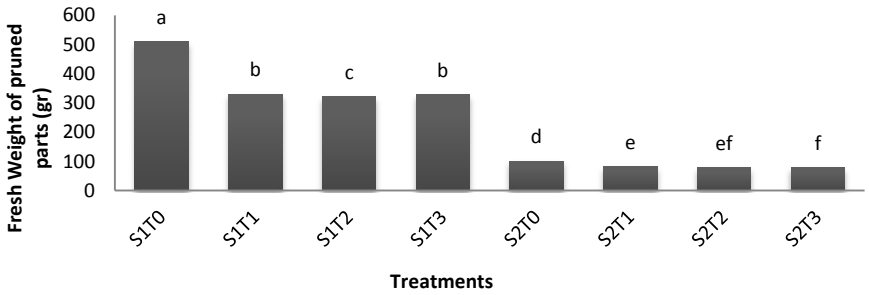


شکل۳. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر طول میانگره دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ppm۱۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ppm۴۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ppm۱۰۰۰ ترینگزاپک‌اتیل.
میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 3. Interaction effect of Species and plant growth Retardant Internode length in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.

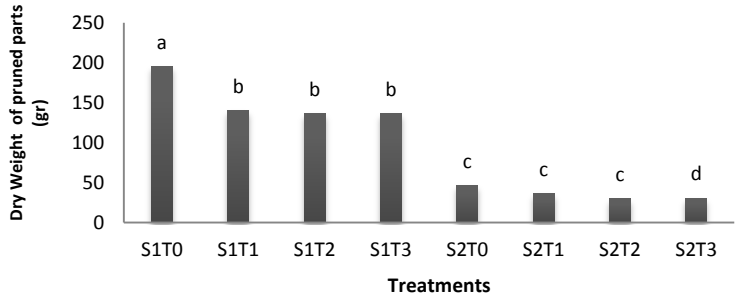
وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شده

نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر تیمار کندکننده‌های رشد بر وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شده نشان داد که کندکننده‌های رشد سبب کاهش وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شدهٔ دو گونه نسبت به تیمار شاهد می‌شود (شکل ۴ و شکل ۵). پاکلوبوترازول سبب کاهش وزن تر و خشک برگ و ساقه‌ها درختچه‌های زینتی گلدار جاکوبینا (Bably *et al*., 2009)، گوجه‌فرنگی (Jafari *et al*., 2006)، زیتون (Adelson, *et al*., 2012) شده است. از سوی دیگر ترینگزاپک‌اتیل سبب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی پوآ پراتنسیس (Beasley *et al*., 2007)، چمن لولیوم (Abasyhe *et al*., 2011) می‌شود. غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ترینگزاپک‌اتیل سبب کاهش وزن تر و خشک بخش‌های هرس‌شدهٔ شمشاد و آزالیا شده است (Thetford *et al*., 2000).



شکل۴. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر میزان وزن‌تر دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ppm۱۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ppm۴۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ppm۱۰۰۰ ترینگزاپک‌اتیل ستون‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 4. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on Fresh weight of pruned parts in two species (s1) Rosmari, (s2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.



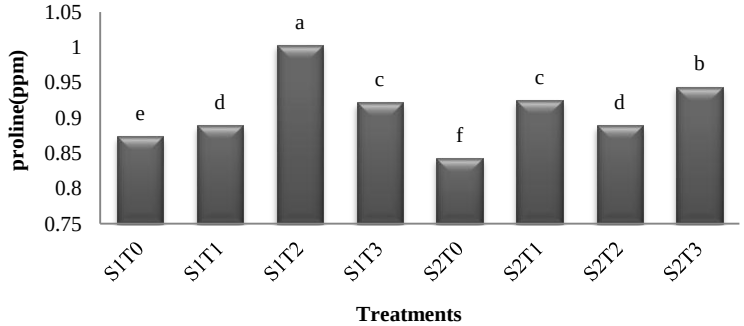
شکل ۵. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر میزان وزن خشک دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ۱۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ۴۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ۱۰۰۰ppm ترینگزاپک‌اتیل ستون‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 5. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on Dry weight of pruned parts in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.

ارزیابی صفات فیزیولوژیکی

میزان پرولین برگ‌ها

به‌طورکلی کندکننده‌های رشد سبب افزایش میزان پرولین در هر دو گیاه شده است ولی بیشترین میزان پرولین در گونهٔ رزماری و تیمار ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول و کمترین میزان آن در گونهٔ نوش و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل۶). در همین زمینه تحقیقات نشان می‌دهد که تیمار گیاهان گوجه‌فرنگی با پاکلوبوترازول سبب افزایش پرولین برگ‌ها می‌شود (Jafari *et al*., 2006). در تحقیق دیگری کاربرد پاکلوبوترازول در چمن‌های لولیوم و فستوکا سبب افزایش میزان پرولین شده است اما میزان این افزایش در دو گونهٔ گیاهی متفاوت بوده است (Shahrokhshahi *et al*., 2011). با مصرف تریازول‌ها، میزان پرولین در گندم و تریتیکاله، گوجه‌فرنگی، افرای نقره‌ای و سویا نیز به میزان‌های مختلف افزایش می‌یابد (Alikhanifard *et al*., 2010) که برخی این افزایش پرولین در گیاهان مختلف را به علت اثر تنظیمی ABA بر فرآیندهای نوری در سوخت‌وساز (متابولیسم) پرولین و برخی آن را به دلیل وجود ترکیب‌های پرانرژی ناشی از نورساخت (فتوسنتز) می‌دانند که سبب تحریک ساخت (سنتز) پرولین می‌شود. از سوی دیگر با افزایش بیان آنزیم‌های زیست‌ساخت‌کنندهٔ پرولین و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب پرولین باعث افزایش میزان پرولین در گیاه می‌شود (LaeeghKhadivaki *et al*., 2010; Gopi *et al*., 2009; Laszlo *et al*., 2010).

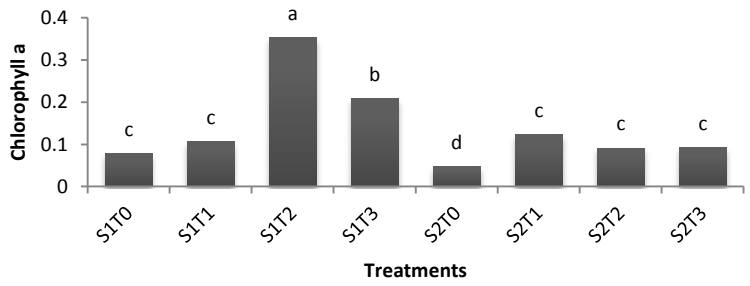


شکل۶. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر میزان پرولین دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1)غلظت ۱۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ۴۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ۱۰۰۰ppm ترینگزاپک‌اتیل ستون‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 6. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on proline parts in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.

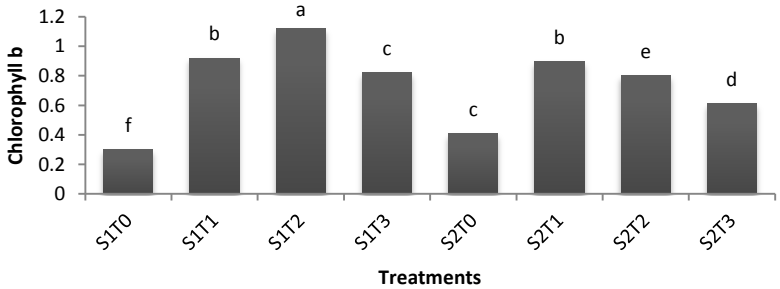
میزان سبزینهٔ برگ‌ها

کندکننده‌های رشد سبب افزایش میزان سبزینهٔ در هر دو گونهٔ رزماری و نوش نسبت به تیمار شاهد شده است اما بیشترین میزان سبزینهٔ a در گونهٔ رزماری و غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول و کمترین آن در گونهٔ نوش و تیمار شاهد مشاهده شد (شکل۷). در همین راستا مشاهده شد که کاربرد غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در چمن‌های لولیوم و فستوکا سبب افزایش میزان سبزینهٔ a می‌شود (Shahrokhshahi *et al*., 2011). از سوی دیگر بیشترین میزان سبزینهٔ b (شکل۸) و سبزینهٔ کل در گونهٔ رزماری و غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد (شکل۹). Nazarudin (2012) اعلام کرد غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول سبب افزایش میزان سبزینهٔ b و کل در گیاه ختمی چینی می‌شود. در بررسی دیگر در گیاهان ذرت و گندم با افزایش غلظت تیمار پاکلوبوترازول افزایش سبزینهٔ مشاهده شد (Amina *et al*., 2011; Berova *et al*., 2002; Sopher *et al*., 1999). به نظر می‌رسد افزایش میزان سبزینه توسط ترکیب‌های تریازولی (پاکلوبوترازول و ترینگزاپک‌اتیل) با افزایش سیتوکنین، در گیاه مرتبط است (Ahmadzahe *et al*., 2012; Gopi *et al*., 2005). سیتوکنین سبب تأخیر در تجزیهٔ سبزینه با کاهش فعالیت آنزیم کلروفیلاز می‌شود (Tahmasbi, 2001). از سوی دیگر کندکننده‌های رشد با جلوگیری از ساخت اسیدجیبرلیک باعث کاهش رشد طولی یاخته در گیاه می‌شود. کاهش رشد طولی یاخته منجر به تولید گیاهان کوتاه‌تر و فشرده‌تر می‌شود که این امر باعث تمرکز سبزینه در برگ می‌شود (Ervin & Zhang, 2007).



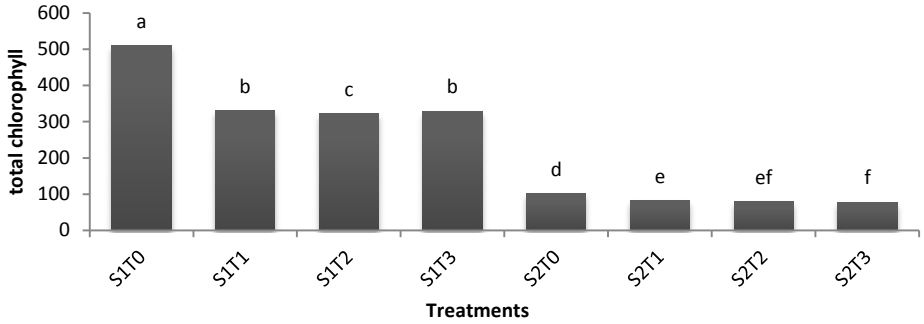
شکل۷. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر میزان سبزینهٔa دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ۱۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ۴۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ۱۰۰۰ppm ترینگزاپک‌اتیل.
میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 7. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on Chlorophyll a in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.



شکل۸. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر میزان سبزینهٔ b دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ۱۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ۴۰۰۰ppm پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ۱۰۰۰ppm ترینگزاپک‌اتیل.
میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 8. Interaction effect of Species and plant growth Retardant on Chlorophyll b in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.



شکل۹. اثر متقابل گونه و کندکننده‌های رشد بر میزان سبزینهٔ کل دو گونه (S1) رزماری، (S2) نوش (T0) شاهد، (T1) غلظت ppm۱۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T2) غلظت ppm۴۰۰۰ پاکلوبوترازول، (T3) غلظت ppm۱۰۰۰ ترینگزاپک‌اتیل.

میانگین‌هایی که در یک حرف متفاوت هستند تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد بر پایهٔ آزمون LSD دارند.

Figure 9. Interaction effect of Species and plant growth Retardant onTotal Chlorophyll in two species (S1) Rosmari, (S2) Thuja, (T0) Control, (T1) 1000ppm Paclobutrazol, (T2) 4000ppm Paclobutrazol, (T3) 1000ppm Trinexapac-ethyl. Similar letters represented no significant difference between means by LSD test at P<0.05.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که به‌طورکلی کندکننده‌های رشد سبب کاهش رشد طولی و عرضی و طول میانگره‌ها در هر دو گونه می‌شود. همچنین میزان پرولین و سبزینهٔ گونه‌ها پس از اعمال تیمارها افزایش می‌یابد که این ویژگی‌ها در مدیریت فضای سبز و کاهش هزینه‌ها اهمیت دارد. از سوی دیگر در برگ‌های نوش پس از استفاده از کندکننده‌های رشد زردی و سوختگی مشاهده شد. در نهایت با توجه به نتایج این پژوهش برای استفاده از نوش رقم مورگان به‌عنوان گیاه پرچینی در فضای سبز اصفهان و مناطق مرکزی ایران نیاز به پژوهش‌های بیشتر است.

REFERENCES

1. Abasyhe, S., etemadi, N. & Naderi, D. (2001). Effect Trinexapac on chlorophyll content and character of shoots of perennial grass (*Lolium perenne* L.). In: Proceedings of *6th National Conference New Ideas*. pp. 1-4. (in Farsi)
2. Adelson, F., Oliveira, D., Maria, O. & Dili, L. (2012). Paclobutrazol in olive trees under different water levels. *Journal of Ciencias Agrarias Londrina*, 33(6), 2137-2148.
3. Ahmadzade, M.R. & CaramRostami, A. (2012). Application of Paclobutrazol (PP333) in Horticultural Science. *Journal of Scientific and Technical Olives*, 2-7. (in Farsi)
4. AlikhaniFard, M. & Esfahani, M. (2010). Effect Consumption of Tricyclazole on reducing waterlogging in rape seedlings. *Journal of Crop Production*, 3(1), 73-88. (in Farsi)
5. Alizadeh, A. (2008). *Relationship between soil and plant*. Publications Astan QudsRazavi. (in Farsi)
6. Amina, A. & Hanan, H.L. (2011). Differential effects of paclobutrazol on water stress alleviation through electrolyte leakage, phytohormones, reduced glutathione and lipid peroxidation in some wheat genotypes grown in-vitro. *Journal of Romanian Biotechnological Letters*, 16(6), 6710-6721.
7. Bably, S. & Zaky, A. (2009). Efficacy of paclobutrazol on the growth and flowering of *Jacobinia carnea*. *Journal of Bulletin of the Faculty Agriculture*, 60(2), 236- 240.
8. Beasley, J.S., Branham, B.E. & Spomer, L.A. (2007). Plant growth regulators alter Kentucky bluegrass canopy leaf area and carbon exchange. *Journal of Crop Science*, 47, 757-766.
9. Berova, M., Zlatev, Z. & Stoeva, N. (2002). Effect of paclobutrazol on wheat seedling under low temperature stress. *Journal of Plant Physiology*, 28(1), 75-84.
10. Ervin, E. H. & Zhang, X. (2007). Influence of sequential trinexapac-ethyl applications on cytokinin content in creeping bentgrass, kentucky bluegrass, and hybrid bermudagrass. *Journal of Crop Science*, 47, 2145-2151.
11. Gray, J. & Olive, J.W. (2005). effects of primo on selected bedding and woody landscape plants. *Journal of Environ Horticulture*, 16(1), 11-14.
12. Golparvar, A., HamidiHrvan, A. & Darvish, F. (2004). Genetic analysis of morphological traits in bread wheat under drought conditions. *Journal of Research and Development in Agriculture and Horticulture*, 62, 95-90. (in Farsi)

13. Gopi, R., Sridharan, R., Somasundaram, R., Alagu lakshmanan, G.M. & Panneerselvam, R. (2005). Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazoles in *Amorphophallus campanulatus. Journal of Plant Physiology*, l31, 171-180.
14. Gopi, R., Cheruth, A. J., Azooz, M. & Panneerselvam, M. (2009). Photosynthetic alterations in *Amorphophallus campanulatus* with Triazoles Drenching. *Journal of Molecular Sciences*, 4(1), 15-18.
15. LaeeghKhadivaki, S. H., Lahooti, M. & Abbasi, F. (2010). Comparison of the effects of drought stress on proline changes in Nvrvzk plant (*Salvia leriifolia*) in soil and invitro medium. *Journal of Biological Sciences*, 4(1), 105-115. (in Farsi)
16. Laszlo, S. & Arnould, S. (2010). Proline: a multifunctional amino acid. *Journal of Trends in Plant Science*, 15(2), 89-97.
17. Mamnpoosh A.R. & TofangSaz, R. (2008). Assessment and spatial analysis of landscaping in the city during 2007 and 2013 by satellite imagery and GIS. In: Proceedings of *3rd National conference of green space and urban landscape*, pp. 292-300. (in Farsi)
18. Mardani, H., Bayat, H. & Azizi, M. (2011). Effect of spraying a solution of salicylic acid on morphological and physiological characteristics seedlings of cucumber (*Cucumis sativa cv.* Super Dominus) under drought stress. *Journal of Horticultural Science*, 25(3), 320-326. (in Farsi)
19. Maddox, V., Byrd, V. & Serviss. B. (2010). Identification and Control of Invasive Privets (*Ligustrum spp*.) in the Middle Southern United States. *Journal of Invasive Plant Science and Management*, 3, 482-488.
20. Nazarudin, A. (2012). Plant growth retardants effect on growth and flowering of potted hibiscus rosa-sinensis L. *Journal of Trop Plant Physiology*, 4, 29-40.
21. Shahrokhshahi, M., Tehranifar, A., Hadizadeh, H. & Selahvarzi, Y. (2011). Effect drought stress and paclobutrazol-treated seeds on physiological response of *Festuca arundinacea* L. master and *Lolium perenne* L. Barrage. *Journal of Environmental Biology*, 5(14), 77-85.
22. Sopher, C.R., Krol, M., Huner, N.P., Moor, A.E. & Fletcher, R.A. (1999). Chloroplastic changes associated with paclobutrazol–induced stress protection in maize seedling .*Canadian Journal of Botany*, 77, 297-290.
23. Taban, M. (2011). *Ornamental trees and shrubs and their resistance to environmental stresses in the green space*. Today's Literature Publishing House. (in Farsi)
24. Tahmasebi, L. (2001). *Effects of salinity and some growth inhibitors on morphological and biochemical and chemical traits Pistachio badami*. M.Sc. thesis. Bahonar University, Kerman. (in Farsi)
25. Thetford, M. & James, B. (2000). Response of five woody landscape plants to primo and pruning. *Journal of Horticultural Research Institute*, 18(3), 132-136.
26. Hadizadeh, H., Thranyfar, A., Shore, M. & Neamati, S.H. (2010). Study the effect of dwarfing of Paclobutrazol on tuberos flower (*Polianthes tuberose* L.) and production facilities to the pot. *Journal of Horticultural Science*, 24(1), 7-13. (in Farsi)
27. Hazraika, B.N. (2003). Acclimatization of tissue-cultured plants. *Journal of Current Science*, 85, 12-25.
28. Hojati, M., Etemadi, N. & Baninasab, B. (2010). Effect Paclobutrazol and Cycocel on vegetative growth and flowering Coneflower. *Journal of Horticultural Science*, 24(2), 122-127. (in Farsi)
29. Hojati, M., Etemadi, N. & Baninasab, B. (2009). Effect Paclobutrazol and Cycocel on vegetative growth and flowering Zinnia (*Zinnia elegans). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 13(47), 649-654. (in Farsi)
30. Jafari, S.R., Kalantari, Kh. & Trkzadh, M. (2006). Effects of Paclobutrazol on increasing cold resistance of tomato seedling. *Journal of Iranian Biology*, 19(3), 290-298. (in Farsi)
31. Wade, G.L. & Daniels, S.D. (1986). Effects of five plant growth regulators on shoot growth of four woody ornamentals after pruning. In: Proceedings of *31st Conference Nurserymens Association*. pp.190-194.