نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص. ۲۶۹-۲۶۰
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 2, Summer 2016, P. 260-269
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثرات پاکلوبوترازول بر افزایش تحمل به شوری در پایه رویشی هیبرید هلو - بادام (GF_{677})

اعظم امیری[۱*] - بهرام بانی نسب[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۷

چکیده

پاکلوبوترازول یکی از مهم‌ترین ترکیبات تریازولی محسوب می‌شود. این ترکیب بازدارنده رشد بوده و سبب افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی می شود. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر کاربرد پاکلوبوترازول برکاهش اثرات نامطلوب تنش شوری بر پایه رویشی هیبرید هلو-بادا (GF_{677}) بود. آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه غلظت کلرید سدیم (صفر، ۲۵ و۵۰ میلی مولار) و سه غلظت پاکلوبوترازول (صفر، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) انجام شد. پس از تیمار نهال‌ها، صفات مورفولوژیکی مثل وزن تر و خشک ریشه و برگ، تعداد برگ و عوامل بیوشیمیائی مانند میزان پرولین، شاخص کلروفیل برگ، میزان رطوبت نسبی و نشت یونی غشاء برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد تنش شوری باعث کاهش رشد گیاهان شد و میزان نشت یونی غشاء و پرولین را در نهال‌های تحت تنش شوری افزایش و رطوبت نسبی برگ کاهش یافت. پاکلوبوترازول در شرایط تنش موجب افزایش وزن خشک ریشه‌ها شد. همچنین کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول اگرچه در غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم، شاخص کلروفیل برگ و میزان رطوبت نسبی را افزایش و نشت یونی غشاء را کاهش داد اما بر میزان پرولین در شرایط شور تاثیر معنی‌داری نداشت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد پاکلوبوترازول توانایی بهبود خسارات تنش و آسیب‌های وارده به نهال‌های پایه رویشی هیبرید هلو بادام تحت شرایط شور را دارا است. و بهترین نتیجه از غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای مورفولوژیک و بیوشیمیایی، ترکیبات تریازولی، تنش شوری

مقدمه [۱]

در ایران و در سایر نقاط جهان کشت بادام بوسیله شوری ناشی از تبخیر و تعرق بالا، خشکی، دمای بالا و بارندگی کم محدود شده است (۲۸). اغلب درختان میوه مناطق معتدله معمولاً به شوری حساس بوده و آبیاری با آب شور به طور معنی‌داری عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد. حد آستانه شوری برای گونه‌های جنس پرونوس ۱/۵ تا ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر بیان شده است و بالاتر از این دامنه با سوختگی برگ‌ها، کاهش عملکرد و پیری قبل از بلوغ همراه می‌باشد (۱۳). هرچند در ارقام مختلف بادام نیز ظهور علائم مشابه در شوری۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نمک کلرید سدیم و در بادام تلخ در شوری ۵۰ میلی‌مول بر لیتر گزارش شده است (۲۶). تنوع گسترده‌ای در تحمل پایه‌ها بین ارقام و ژنوتیپ‌های گیاهان چوبی به شوری وجود دارد. در دهه گذشته استفاده از هیبریدهای بین گونه‌ای از جمله GF_{677} در جنس پرونوس به عنوان پایه در درختان هسته‌دار مانند بادام و هلو متداول شده است. این استفاده به دلیل سازگاری این هیبریدها با ارقام مختلف و دیگر هیبریدها و سازگاری به شرایط محیطی، مقاومت به عوامل بیماریزا، تحریک رشد پیوندک و توانایی استفاده از آن‌ها در خاک‌های نامناسب است (۲۳). در پژوهشی گزارش شده که در پایه GF_{677} انتقال یون سدیم و کلر از ریشه به سمت برگ‌ها از محدودیت بیشتری برخوردار است و این نکته نقش مهمی در کاهش انتقال نمک به قسمت‌های هوایی گیاه دارد و در نتیجه خطر سمیت تجمع فلزات در برگ‌های جوان کاهش می‌یابد (۱۳). با افزایش نمک و شوری آب آبیاری در هلو، در اولین فصل رشد صدمه شوری شروع می‌شود، در حالی که شروع صدمات شوری در آلو در دومین فصل رشد گزارش شده است (۱). مطالعات نشان داده که تریازول‌ها در مقاومت به تنش‌های محیطی نقش دارند. تریازول‌ها بر مسیر ایزوپرنوئید تاثیر داشته و با تغییرات هورمونی مانند افزایش سیتوکینین و کاهش اتیلن باعث مقاومت گیاه در شرایط تنش می‌شوند (۱۶). ترکیبات تریازولی

۱ و ۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد میوه کاری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*-نویسنده مسئول: Email: amiriazam23@yahoo.com)

از جمله پاکلوبوترازول، با دخالت در مسیر بیوسنتز اسید جیبرلیک از تولید این هورمون گیاهی ممانعت می‌کنند. در نتیجه اثر نهایی تریازول‌ها ناشی از به هم خوردن تعادل پویایی است که بین هورمون‌های گیاهی در مراحل مختلف رشد و نمو گیاهی وجود دارد. این ترکیبات بازدارنده رشد بوده و تنش‌های محیطی را در گیاهان تخفیف می‌دهند (۱۰). نقش دیگر تریازول‌ها در مقاومت گیاه به تنش به کاهش خسارت رادیکال‌های آزاد و افزایش پتانسیل اکسیدانی ربط داده شده است (۵). تاثیر پاکلوبوترازول بر افزایش مقاومت گیاهان مختلف از قبیل هلو، انگور، گلابی و غیره به تنش‌های مختلف محیطی مطالعه شده است (۲۷). گزارش شده که پاکلوبوترازول با کاهش جذب و تجمع یون‌های کلر و سدیم در بافت گیاه باعث اجتناب از تنش شوری در هلو شده است (۳). در عناب نیز نشان داده شد که پاکلوبوترازول از بین رفتن دانهال‌ها را در اثر تنش شوری کاهش داده است (۷). پاکلوبوترازول باعث کاهش آسیب‌های غشایی، افزایش محتوی نسبی آب، سرعت فتوسنتز، افزایش محتوی پیگمان‌ها (کلروفیل، کاروتنوئید) تحت شرایط استرس شوری می‌شود. شوری محتوای نسبی آب و پتانسیل آبی را کاهش می‌دهد اما در گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول حفظ تورژسانس از طریق تعادل اسمزی رخ می‌دهد. پاکلوبوترازول از طریق افزایش سیستم آنتی‌اکسیدان آنزیمی و غیر آنزیمی شامل کارتنوئید، آسکوربات، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز و گلوتاتیون موجب افزایش پاکسازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاهان تحت تنش می‌شود (۲۵). بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، اطلاعاتی در رابطه با اثر کاربرد پاکلوبوترازول بر بهبود رشد پایه رویشی هیبرید هلو–بادام در شرایط شور وجود ندارد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش شوری بر تغییرات برخی پارامترهای مورفولوژیکی و بیوشیمیایی این پایه و همچنین ارزیابی توانایی پاکلوبوترازول بر افزایش تحمل به شوری در پایه$_{677}$ GF انجام شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی گیاهان و کاربرد پاکلوبوترازول

پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. قلمه‌های یکساله ریشه‌دار شده پایه GF_{677} از نهالستان نوربخش (دارای مجوز تولید نهال شماره ۱۳۴۲۳/۵۲/۲۵۳ از موسسه تحقیقات ثبت و گواهی تولید بذر و نهال کشور) تهیه شدند. قلمه‌های با قطر و طول یکنواخت پس از خروج از کیسه‌های پلاستیکی به گلدان‌های ۵ کیلوگرمی حاوی محیط کشت خاک، خاک برگ و ماسه، به نسبت ۱:۱:۱ (حجمی) منتقل و یک قلمه در هر گلدان کاشته شد. برخی از خصوصیات خاک مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است . گلدان‌ها سپس در گلخانه تحقیقاتی بخش باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان با دمای روز و شب در طول دوره آزمایش به ترتیب ۳۲ و ۱۹ درجه سانتی‌گراد و تحت شرایط نور طبیعی نگهداری شدند. سه ماه پس از استقرار، گیاهان با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در دو نوبت به فاصله یک هفته و تا مرحله قطره‌ریزان[1] محلول پاشی شدند.

اعمال تیمار شوری

به منظور اعمال شوری از غلظت‌های صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم استفاده شد. شروع اعمال تیمارهای شوری یک هفته پس از آخرین مرحله محلول‌پاشی پاکلوبوترازول انجام شد. با توجه به دمای گلخانه تیمار شوری به همراه آب آبیاری هر هفته یکبار و به مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان تا پایان آزمایش اضافه شد. به منظور جلوگیری از وارد شدن شوک ناگهانی به گیاهان غلظت‌های مختلف نمک به تدریج در دو نوبت اعمال شد. به این منظور در مرحله نخست غلظت ۲۵ میلی مولار به تمامی گلدان‌ها به جز گلدان‌های تیمار شاهد افزوده شد. پس از آن در نوبت بعدی هر کدام از تیمارها غلظت‌های مربوط به خود را دریافت نمودند. آبیاری با آب حاوی کلرید سدیم به گونه‌ای انجام شد که حدود یک سوم آب از طریق زهکش گلدان خارج گردد تا از تجمع نمک در گلدان جلوگیری شود. شصت روز پس از شروع اعمال تیمارهای شوری آزمایش خاتمه یافت و گیاهان برداشت شدند و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح شوری (صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار) و سه سطح پاکلوبوترازول (صفر، ۲۰ و۴۰ میلی گرم در لیتر) در ۴ تکرار انجام گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده شامل

شاخص خسارات ظاهری:

شاخص خسارات ظاهری گیاهان با توجه به درصد خسارت نهال‌ها یاداشت گردید. اندازه‌گیری این شاخص بدین گونه بود که قبل از خروج گیاهان از گلدان و بر اساس وضعیت ظاهری، ظهور علائم نکروزه در برگ و میزان خسارت گیاه در اثر تنش به هر گیاه یکی از اعداد ۱ تا ۵ اختصاص یافت که عدد ۱ به معنای کمترین خسارت و عدد ۵ به معنی خسارت کامل به گیاه بود.

تعداد برگ، وزن تر و خشک

تعداد کل برگ‌های موجود در پایان آزمایش شمارش گردید. وزن تر برگ و ریشه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری

1- Run off

شد. وزن خشک ریشه پس از شستشو و قرار دادن نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت به دست آمد.

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ:

شاخص کلروفیل برگ توسط دستگاه کلروفیل سنج قابل حمل (Hansatech Instrument Ltd, UK) اندازه‌گیری شد.

میزان پرولین

اندازه‌گیری پرولین به روش رنگ سنجی با استفاده از اسید نین هیدرین مطابق روش بیتس و همکاران (۶) انجام شد.

درصد آب نسبی برگ

محتوای نسبی آب برگ به روش بار و ویترلی (۱۹۶۲) اندازه‌گیری شد. در نهایت با فرمول زیر درصد رطوبت نسبی برگ محاسبه شد.

$$RWC\ (\%) = (FW–DW) / (TW-DW) \times 100$$

درصد نشت یونی

درصد نشت یونی با روش پیشنهادی لاتس و همکاران (۱۹۹۵) اندازه‌گیری شد. و با فرمول زیر درصد نشت یونی برگ محاسبه گردید

$$\text{درصد نشت یونی} = (EC_1/EC_2) \times 100.$$

جدول۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table1-. Some physical and chemical properties of the soil used in experiment.

بافت	اسیدیته خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی	لوم	شن	سیلت	رس	هدایت الکتریکی	پتاسیم	فسفر
Texture	pH	CEC (meg/100g)	Lime (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	EC_e (dSm^{-1})	′ (mg kg^{-1} soil)	P (mg kg^{-1} soil)
Loam-sandy	7.6	13.5	0.84	82	14	4	3.4	55	48

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار Statistics و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تاثیر شوری، پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول بر شاخص خسارات ظاهری قلمه‌های GF_{667} معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد شوری باعث افزایش خسارات ظاهری گیاهان گردید. بیشترین خسارت ظاهری مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌مولار (۴/۱۶) بود که نسبت به تیمار شاهد (۱/۵)، افزایش معنی‌دار بیش از دو برابری نشان داد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد کاربرد پاکلوبوترازول سبب کاهش خسارات ظاهری گیاه گردید که بیشترین کاهش مربوط به تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (۲/۰۰) پاکلوبوترازول بود که نسبت به تیمار شاهد (۲/۶۶) سبب کاهش معنی‌دار ۲۴/۸۱ درصدی خسارات ظاهری شد (جدول ۳). اثرات متقابل شوری و پاکلوبوترازول نیز نشان داد که در تمام سطوح شوری کمترین خسارت ظاهری مربوط به تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول بود (جدول ۳). در تایید نتایج پژوهش حاضر پاکلوبوترازول در خیار (۸) و گندم (۱۱) نیز باعث کاهش خسارت ظاهری در تنش سرمایی گردید. بانی‌نسب (۴) نقش پاکلوبوترازول را در کاهش خسارت تنش جلوگیری از تولید جیبرلین و افزایش سنتز آبسیزیک اسید بیان کرد. زیرا آبسیزیک اسید از جمله هورمون‌های گیاهی شناخته شده در کاهش خسارت تنش‌ها در گیاهان است (۴).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تاثیر شوری، پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول بر تعداد برگ قلمه‌های GF_{667} معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد شوری سبب کاهش تعداد برگ گردید که بیشترین کاهش تعداد برگ مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۱۲/۵) بود که نسبت به تیمار شاهد (۲۸/۳) کاهش معنی‌دار ۵۵/۸ درصدی نشان داد (جدول ۳). کاربرد پاکلوبوترازول نیز در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۶/۸۳) باعث افزایش ۲۴/۶ درصدی تعداد برگ نسبت به شاهد (۲۱/۵۸) شد (جدول۳). اثرات متقابل شوری و پاکلوبوترازول نیز نشان داد اگرچه در تیمار شاهد و ۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سبب تولید بیشترین تعداد برگ شد ولی در تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تعداد برگ را نشان داد (جدول ۳). در هلو نیز مشاهده شد تیمار شوری باعث افزایش ریزش برگ در حالی‌که کاربرد پاکلوبوترازول ریزش برگ را کاهش داد (۳). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً تیمار پاکلوبوترازول با جلوگیری از ریزش برگ تعداد برگ‌های باقیمانده را افزایش داد.

جدول۲ - تجزیه واریانس خصوصیات رویشی و فیزیولوژیکی قلمه‌های یکساله GF_{667} تحت تنش شوری و پاکلوبوترازول

Analysis of variance (ANOVA) for NaCl salinity, paclobutrazol (PBZ) concentration, and their interaction for morphological and physiological parameters in vegetative Peach- Almond Hybrid (GF_{677}) rootstock –Table 2

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squres								
		خسارات ظاهری IRV	تعداد برگ LN	وزن تر برگ LFW	وزن تر ریشه RFW	وزن خشک ریشه RDW	شاخص کلروفیل برگ RLCC	نشت یونی EC_1/EC_2	پرولین برگ PC	رطوبت نسبی برگ RWC
شوری (NaCl)	2	30.3**	1002.7**	70.5**	46.6 ns	46.0**	10.35 ns	5107.4**	1494.7**	1078.1**
پاکلوبوترازول (PBZ)	2	1.3**	130.5**	52.3**	563.1**	24.9*	46.08**	767.5*	757.8**	233.9**
پاکلوبوترازول× شوری (PBZ × NaCl)	4	0.66**	420.8**	119.9**	156.5**	25.1**	26.47*	179.9**	234.3 ns	24.7**
خطا(Error)	27	0.18	17.5	6.5	34.10	6.9	9.29	1818.4	105.0	129.9

**،* و ns به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح احتمال ، ۰/۰۱، ۰/۰۵ و معنی‌دار نبودن منابع تغییرات می‌باشد.

IRV Injury rating value, LN Leaf number, LFW Leaf fresh weight, RFW Root fresh weight, RDW root dry weight, RLCC Relative leaf chlorophyll content, EC_1/EC_2 Leaf electrolyte leakage, RWC Relative water content. PC Proline content

وزن تر برگ به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر شوری، پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول قرار گرفت (جدول ۲) به‌طوری‌که کمترین میزان وزن تر برگ در غلظت ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۶/۵۲ گرم) مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد (۱۱/۲۰ گرم) کاهش ۴۱/۷۸ درصدی نشان داد (جدول ۳). کاربرد پاکلوبوترازول باعث بهبود وزن تر برگ گردید. بیشترین وزن‌تر برگ مربوط به کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (۱۰/۹۶ گرم) بود که سبب افزایش معنی‌دار ۵۸/۱۶ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (۶/۹۱ گرم) گردید.

اثرات متقابل کلرید سدیم و پاکلوبوترازول نیز نشان داد که در تیمارهای شاهد و ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بیشترین وزن‌تر برگ مربوط به غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول و در تیمار ۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول سبب بیشترین وزن‌تر برگ شد (جدول ۳) در *Vigna unguiculata* شوری سبب کاهش وزن تر و خشک گیاه شد و تیمار پاکلوبوترازول باعث افزایش وزن تر و خشک نسبت به تیمار شوری گردید (۲۰). در هندوانه نیز کاربرد پاکلوبوترازول به‌طور معنی‌داری باعث افزایش وزن تر گیاه شد که بیشترین تاثیر در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد افزایش کلروفیل باعث افزایش میزان فتوسنتز شده در نهایت وزن تر گیاه افزایش یافت (۴).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تاثیر کاربرد پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول بر وزن تر ریشه قلمه‌های GF_{667} معنی‌دار بود اما شوری بر این صفت تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). نتایج نشان داد کاربرد پاکلوبوترازول سبب افزایش وزن تر ریشه‌ها گردید. بیشترین افزایش مربوط به تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (۵۱/۴۶ گرم) پاکلوبوترازول بود که نسبت به تیمار شاهد (۳۸/۲۴ گرم) افزایش معنی‌دار ۳۴/۵۷ درصدی نشان داد (جدول ۳). اثرات متقابل شوری و پاکلوبوترازول نیز نشان داد در سطح شوری صفر و ۲۵ میلی مولار کلرید سدیم کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و در شوری ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم، پاکلوبوترازول در سطح ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش معنی‌دار وزن تر ریشه نسبت به گیاهان شاهد گردید (جدول۳). غلامی و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که تیمار دانهال‌های زیتون با پاکلوبوترازول باعث افزایش رشد ریشه و نسبت ریشه به ساقه شد (۱۴). پاکلوبوترازول با افزایش رشد ریشه در شرایط تنش شوری، سبب افزایش سطح تماس ریشه، دسترسی بیشتر گیاه به منابع آب موجود در محیط و افزایش تحمل گیاه به تنش شوری می‌شود (۲۵). تحریک رشد ریشه بوسیله پاکلوبوترازول در شرایط شور توسط عبدالجلال و همکاران (۲) در کاتارانتوس نیز گزارش شده است. که افزایش رشد ریشه در تیمار پاکلوبوترازول با افزایش سطح سیتوکینین درونی همراه بود (۲). در سیب تحت تنش خشکی نیز تیمار پاکلوبوترازول میزان زآتین و زآتین ریبوزاید را افزایش داد که این امر به نقش پاکلوبوترازول در کاهش اکسید شدن سیتوکینین نسبت داده شد (۳۴).

جدول۳- اثر کاربرد پاکلوبوترازول بر صفات مورفولوژیک قلمه‌های یکساله GF_{667} تحت تنش شوری

Table 3- Effect of paclobutrazol application on shoot and root growth characteristics in vegetative peach- almond Hybrid (GF_{677}) rootstock under salt stress

شوری NaCl (mM)	پاکلوبوترازول Paclobutrazol (mg l^{-1})	خسارات ظاهری Injury rating value	تعداد برگ Leaf number	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
0	0	2.00 b†	21.75 d	6.23 b	42.32 c	14.42 bcd
	20	1.00 c	28.50 c	14.01 a	60.09 ab	15.20 bc
	40	1.00 c	34.75 ab	13.36 a	45.41 c	20.90 a
25	0	2.00 b	30.00 bc	11.83 a	33.52 cd	15.22 bc
	20	1.00 c	15.00 e	50.26 b	65.32 a	17.15 b
	40	1.00 c	40.00 a	12.76 a	44.96 c	14.12 bcd
50	0	4.00 a	13.00 e	2.65	38.87 cd	12.40 cd
	20	4.00 a	18.75 de	13.61	43.63 c	11.35 d
	40	4.5 a	5.75 f	3.31	53.47 b	15.20 bc
0		1.50 B	28.33 A	11.20 A	49.28 A	16.84 A
25		1.33 B	28.33 A	9.95 A	47.93 A	15.50 A
50		4.16 A	12.50 B	6.52 B	45.32 A	12.93 B
	0	2.66 A	21.58 B	6.91 B	38.24 B	14.01 B
	20	2.00 B	20.75 B	10.96 A	51.46 A	14.56 AB
	40	2.33 AB	26.83 A	9.81 A	47.94 A	16.74 A

†در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف کوچک یا بزرگ مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار نداشتند.
حروف بزرگ نشان‌دهنده اثرات ساده و حروف کوچک نشان‌دهنده اثرات متقابل می‌باشد.

†In each column, means followed by the same capital letters and small letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.
capital letters represents the simple effects and small letters represent interactions

تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان داد شوری، کاربرد پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول بر وزن خشک ریشه قلمه‌های GF_{667} معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد شوری باعث کاهش وزن خشک ریشه‌ها گردید. بیشترین کاهش مربوط به تیمار ۵۰ میلی مولار کلرید سدیم (۹۳ /۱۲ گرم) بود که نسبت به تیمار شاهد (۱۶/۸۴ گرم) کاهش معنی‌دار ۲۳/۲۱ درصدی نشان داد

(جدول۳). کاربرد پاکلوبوترازول نیز سبب افزایش وزن خشک ریشه‌ها گردید که بیشترین افزایش مربوط به تیمار ۴۰ میلی گرم در لیتر (۱۶/۷۴ گرم) بود که نسبت به شاهد (۱۴/۰۱ گرم) ۱۹/۴۸درصد افزایش نشان داد (جدول۳). اثرات متقابل شوری و پاکلوبوترازول نیز نشان داد در تیمار شاهد و شوری ۵۰ میلی‌مولار بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول و در تیمار ۲۵ میلی‌مولار کلرید سدیم مربوط به غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر

پاکلوبوترازول بود (جدول ۳). در دانهال‌های گوجه فرنگی نیز پاکلوبوترازول در شرایط تنش سرما و شرایط بدون تنش باعث افزایش وزن‌تر و خشک ریشه شد (۱۹). گزارش‌های زیادی مبنی بر نقش جیبرالین در افزایش توزیع کربوهیدرات به اندام هوایی وجود دارد و همچنین گزارش شده که پاکلوبوترازول با کاهش جیبرلین سبب تغییر در الگوی تخصیص کربوهیدرات‌ها و در نتیجه افزایش کربوهیدرات‌ها در ریشه‌ها و گسترش آن‌ها می‌شود (۳۱). در واقع می‌توان این‌گونه توجیه کرد که همانند شاه بلوط (۲۲) افزایش رشد ریشه و گسترش سیستم ریشه‌ای در گیاهچه‌های تحت تیمار پاکلوبوترازول موجب افزایش توده ریشه و افزایش وزن خشک گردیده است. در پایه بادام تلخ کاربرد پاکلوبوترازول اثرات سوء و آسیب‌های ناشی از تنش خشکی را کاهش داده و پارامترهای رویشی را بهبود بخشید (۲۱).

صفات فیزیولوژیک

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول اثر معنی‌داری بر شاخص کلروفیل برگ داشت در حالیکه تاثیر شوری معنی‌دار نبود (جدول ۲). کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار شاخص کلروفیل برگ نسبت به تیمار شاهد شد به گونه‌ای که این تیمار (۲۹/۹۳) سبب افزایش ۱۴/۵۸ درصدی شاخص کلروفیل برگ نسبت به شاهد (۲۶/۱۲) شد (جدول۴). اثرات متقابل نیز نشان داد در شاهد و تیمار ۵۰ میلی‌ولار نمک بیشترین شاخص کلروفیل برگ در تیمار ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول و در شوری ۲۵ میلی‌مولار بیشترین شاخص کلروفیل در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول مشاهده شد (جدول۴). شاکری و همکاران (۱۳۸۸) افزایش کلروفیل در توت فرنگی با محلول‌پاشی پاکلوبوترازول به میزان ۲ میلی‌گرم به ازای هر گیاه را گزارش کردند. در انار رقم رباب تحت تنش سرمایی کاربرد پاکلوبوترازول با عث افزایش کلروفیل نسبی برگ گردید (۲۲). بانی‌نسب و قبادی (۵) علت افزایش کلروفیل در برگ خیار را به اثر پاکلوبوترازول بر سیتوکینین داخلی ربط دادند. بطوریکه سیتوکینین میزان تمایز یابی کلروپلاست و سنتز کلروفیل را افزایش و از تخریب کلروفیل جلوگیری می‌کند (۵). در گوجه‌فرنگی افزایش کلروفیل در تیمار پاکلوبوترازول به نقش این ترکیب در تاخیر تجزیه کلروفیل با کاهش فعالیت آنزیم کلروفیلاز نسبت داده شده است (۱۹).

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد شوری و پاکلوبوترازول اثر معنی‌داری بر پرولین برگ داشت در حالی‌که اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد شوری سبب افزایش میزان پرولین برگ شد. بیشترین افزایش پرولین مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۵۹/۸۵ مایکرومول در گرم وزن تر) بود که نسبت به تیمار شاهد (۳۹/۹۶ مایکرومول در گرم وزن تر) ۵۱/۰۶ درصد افزایش نشان داد (جدول۴). با افزایش شوری، تنظیم‌کننده‌های اسمزی باعث بالارفتن فشار اسمزی سیتوپلاسم شده و نیز باعث پایداری پروتئین‌ها و غشاها در چنین شرایطی می‌شوند. اسیدآمینه پرولین جزء ترکیبات تنظیم‌کننده اسمزی به شمار می‌رود و تجمع آن در بافت یکی از بیش‌ترین تغییرات القاء شده ناشی از تنش آبی یا شوری در گیاهان است (۱۵). کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر (۵۵/۶۲ مایکرومول در گرم وزن تر) باعث افزایش ۳۹/۱۸ درصدی میزان پرولین نسبت به شاهد (۳۹/۹۶ مایکرومول در گرم وزن تر) شد (جدول۴). این یافته‌ها با نتایج بدست آمده در انبه در تنش شوری (۳۲) و انار در تنش سرمایی (۱۲) مطابقت دارد. در پایه مرکبات *khatta Karna* نیز کاربرد پاکلوبوترازول باعث افزایش پرولین در شرایط شور و غیر شور شد. پاکلوبوترازول با افزایش پرولین باعث محافظت و ثبات غشای سلولی و فعالیت آنزیمی در شرایط استرس و افزایش مقاومت به شوری گردید (۲۹). افزایش محتوای آبسیسیک اسید می‌تواند دلیلی بر افزایش پرولین و سایر اسیدآمینه‌ها در گیاهان تحت تیمار تریازول‌ها باشد (۱۲).

آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد شوری، پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول اثر معنی‌داری بر رطوبت نسبی برگ داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد شوری سبب کاهش میزان رطوبت نسبی برگ شد کمترین میزان رطوبت نسبی مربوط به تیمار ۵۰ مولار کلرید سدیم (۷۰/۲۷ درصد) بود که نسبت به تیمار شاهد (۸۶/۹۹ درصد) ۱۹/۲۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (۸۶/۳۱ درصد) باعث افزایش ۹/۸۵ درصدی رطوبت نسبی برگ نسبت به شاهد (۷۸/۵۷ درصد) شد (جدول ۴).

اثرات متقابل شوری و پاکلوبوترازول نیز نشان داد اگرچه کاربرد پاکلوبوترازول در تیمار شاهد و ۲۵ میلی‌مولار تاثیری بر رطوبت نسبی برگ نداشت اما در تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول سبب افزایش معنی‌دار رطوبت نسبی برگ نسبت به شاهد شد (جدول ۴). در پایه‌های مرکبات نیز کاهش میزان رطوبت نسبی در تیمارهای شوری مشاهده شد و کاربرد ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول باعث افزایش رطوبت نسبی در شرایط شور شد (۲۹).

جدول٤- اثر کاربرد پاکلوبوترازول بر صفات فیزیولوژیک قلمه‌های یکساله GF_{667} تحت تنش شوری

Table 4- Effect of paclobutrazol application on physiological parameters characteristics in vegetative peach- almond hybrid (GF_{677}) rootstock under salt stress

شوری NaCl (mM)	پاکلوبوترازول Paclobutrazol ($mg\ l^{-1}$)	شاخص کلروفیل Relative leaf chlorophyll	پرولین Proline ($\mu mol.g^{-1}$)	رطوبت نسبی Relative water content (%)	نشت یونی Electrolyte leakage (%)
0	0	26.53 b-e†	32.70 c	85.89 ab	16.35 de
	20	30.71 ab	38.15 bc	89.56 a	17.04 de
	40	28.25 bcd	48.01 b	85.53 ab	15.33 e
25	0	26.24 cde	41.99 bc	88.28 ab	61.88 b
	20	27.85 a-d	32.20 c	87.31 ab	35.36 cd
	40	30.11 abc	50.50 b	83.50 ab	19.89 de
50	0	25.60 de	45.19 bc	61.54 c	54.31 bc
	20	31.23 a	66.0 a	82.05 b	33.63 de
	40	23.33 e	68.35 a	67.23 c	84.32 a
0		28.50 A	39.62 B	86.99 A	16.24 C
25		28.07 A	41.56 B	86.36 A	39.04 B
50		26.72 A	59.85 A	70.27 B	57.42 A
	0	26.12 B	39.96 B	78.57 B	44.18 A
	20	29.93 A	45.45 B	86.31 A	28.68 B
	40	27.23 B	55.62 A	78.75 B	39.84 AB

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف کوچک یا بزرگ مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار نداشتند.

حروف بزرگ نشان‌دهنده اثرات ساده و حروف کوچک نشان‌دهنده اثرات متقابل می‌باشد.

†In each column, means followed by the same capital and small letters are not significantly different at 5% level of probability using LSD test.

capital letters represents the simple effects and small letters represent interactions †

در هلو (۳)، انبه (۱۷) و بادام نان‌پاریل (۳۰) نیز کاربرد پاکلوبوترازول باعث افزایش رطوبت نسبی در شرایط شور شد. کاربرد ۴۵ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول در بادام تلخ باعث افزایش معنی‌دار رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش خشکی گردید (۲۱). فلچر و نت گزارش (۱۹۸۴) کردند که پاکلوبوترازول آب از دست رفته را کاهش می‌دهد و تحمل گیاهان به تنش را افزایش می‌دهد. این شاید به خاطر این واقعیت باشد که ترکیبات تریازولی مانند پاکلوبوترازول بیوسنتز جیبرالین را کاهش و محتویات سیتوکینین و آبسیزیک اسید را افزایش می‌دهد که در نهایت به تعادل بهتر آب در گیاهان کمک می‌کند. (۱۲). آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد شوری، پاکلوبوترازول و اثر متقابل شوری و پاکلوبوترازول اثر معنی‌داری بر نشت یونی برگ داشت (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد شوری سبب افزایش نشت یونی برگ شد. بیشترین افزایش نشت یونی مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (۵۷/۴۲ درصد) بود که نسبت به تیمار شاهد (۱۶/۲۴ درصد) افزایش بیش از سه برابری نشان داد (جدول ۴). کاربرد پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر (۲۸/۶۸) باعث کاهش ۳۵/۰۸ درصدی نشت یونی نسبت به شاهد (۴۴/۱۸) شد (جدول ۴).

اثرات متقابل شوری و پاکلوبوترازول نیز نشان داد اگرچه در تیمار شاهد، پاکلوبوترازول اثر معنی‌داری بر نشت یونی نداشت امّا در تیمار ۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر پاکلوبوترازول سبب کاهش معنی‌دار نشت یونی برگ نسبت به شاهد خود شد (جدول ۴). در تایید نتایج این پژوهش، در توت فرنگی رقم سلوا (۱۸) انبه (۳۲) در شرایط شور، انار در تنش سرمایی (۱۲) نیز کاربرد پاکلوبوترازول باعث کاهش میزان نشت یونی گردید. طبق گزارش سیرو استاو و همکاران (۳۲) پاکلوبوترازول باعث محافظت غشاء در برابر آسیب تنش می‌شود. این ممکن است به دلیل این واقعیت باشد که گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول در شرایط شور دارای مقدار کمی سدیم و کلر در بافت‌ها باشند که در نتیجه سلول‌ها کمتر در معرض آسیب قرار می‌گیرند (۳۲). بانی نسب و قبادی (۲۰۱۱) نیز کاهش نشت یونی و کاهش مقدار مالون‌دی آلدهید را با تیمار پاکلوبوترازول گزارش کردند. مالون دی‌آلدهید شاخصی از میزان خسارت غشا تحت تنش بوده که از پراکسیدآسیون چربی‌های غشا ناشی می‌شود (۵).

همبستگی بین صفات مورفولوژیک (وزن‌تر و خشک برگ و ریشه) با صفات فیزیولوژیک گیاه (شاخص کلروفیل برگ، درصد نشت یونی، میزان رطوبت نسبی گیاه و میزان پرولین) مشاهده شد (جدول ۵). همبستگی بین صفات نشان داد که افزایش میزان کلروفیل در تحقیق حاضر می‌تواند بدلیل تأثیر تریازول‌ها در افزایش میزان سیتوکنین باشد. از آنجائیکه سیتوکنین به مقدار بیشتری در ریشه ساخته می‌شود و این ترکیب از طریق آوندهای چوبی به برگ منتقل می‌شود. احتمالاً پاکلوبوترازول باعث گسترش ریشه و در نتیجه ساخت بیشتر سیتوکنین و با افزایش انتقال آن به اندام هوائی موجب افزایش سنتز کلروفیل گردیده است. نتایج ما نیز افزایش توسعه ریشه‌ها را در تیمارهای پاکلوبوترازول نشان داد. همبستگی منفی بین میزان آب نسبی با پرولین و نشت یونی برگ وجود داشت به نحوی که افزایش آب نسبی برگ سبب کاهش معنی‌دار میزان پرولین برگ و نشت یونی برگ شد (جدول ۵). طبق نتایج کاربرد پاکلوبوترازول با جلوگیری از کاهش شاخص کلروفیل برگ و رطوبت نسبی برگ و با جلوگیری از افزایش درصد نشت یونی برگ قلمه‌های یکساله GF_{667} اثرات مضر و خسارات ناشی از تنش شوری را بهبود بخشید. تجمع پرولین به عنوان یکی از پارامترهای مهم فیزیولوژیکی در ارزیابی تحمل گیاه می‌باشد، که در سازگاری به تنش نقش مهمی بازی می‌کند. با کاربرد پاکلوبوترازول این اسید آمینه افزایش و به عنوان یکی از مهم‌ترین محلول‌های سازگار در تعدیل پتانسیل اسمزی بسیار موثر بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس یافته‌های این پژوهش پاکلوبوترازول در غلظت ۲۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر در شرایط شور منجر به بهبود وضعیت رشدی گیاه شده و با تاثیر بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه اثر تنش را تعدیل کرده است. بنابراین کاربرد پاکلوبوترازول در راستای کاهش اثرات سوء شوری و بهبود رشد موثر و سودمند ارزیابی می‌گردد.

سپاسگزاری

امکانات مالی و تجهیزات لازم برای انجام این پژوهش توسط دانشگاه صنعتی اصفهان و قطب علمی زیست فناوری بیماری‌های درختان مهم میوه منطقه مرکزی ایران فراهم گردیده است که بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی اعلام می‌گردد.

جدول ۵ - همبستگی بین ۱- خسارات ظاهری، ۲- تعداد برگ، ۳- وزن تر برگ، ٤- وزن تر ریشه، ٥- وزن خشک ریشه، ٦- شاخص کلروفیل، ۷- پرولین ۸ – رطوبت نسبی برگ ۹- نشت یونی

Table 5- Correlations between 1) injury rating value.2) leaf number. 3) leaf fresh weight.4) root fresh weight 5) root dry weight.6) RLCC relative leaf chlorophyll content,7) proline content leakage.8) relative water content. 9) leaf electrolyte

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	-0.66^{**}	1							
3	-0.40^{**}	0.72^{**}	1						
4	-0.15^{ns}	-0.22^{ns}	-0.06^{ns}	1					
5	-0.37^{**}	0.21^{ns}	0.14^{ns}	0.29^{*}	1				
6	-0.31^{*}	0.41^{**}	0.50^{**}	0.11^{ns}	-0.17^{ns}	1			
7	0.54^{**}	-0.17^{ns}	0.05^{ns}	0.01^{ns}	-0.10^{ns}	$^{ns}-0.18$	1		
8	-0.73^{**}	$0.58\cdot^{**}$	0.65^{**}	0.02^{ns}	0.20^{ns}	0.42^{**}	-0.34^{**}	1	
9	0.38^{**}	-0.20^{ns}	-0.17^{ns}	-0.41^{**}	-0.48^{**}	0.001^{ns}	0.13^{ns}	-0.32^{*}	1

Pearson correlation coefficient
ns non significant
* Significant at $\rho \leq 0.05$, ** significant at $p \leq 0.01$

منابع

1-Ashtari Nakhaie S., Rabie V., and Imani A. Effect of salinity on growth and some physiological characteristics of sodium chloride GF677. P. 4238- 4244. 8th Iranian Horticultural Science Congress, 26-28 August. 2013.Bu Ali Sina University.Iran (in Persian with English abstract).

2- Abdul Jaleel C., Gopi R., Kishorekumar A., Manivannan P., Sankar B., and Panneerselvam R. 2008. Interactive effects of triadimefon and salt stress on antioxidativestatus and ajmalicine accumulation in Catharanthus roseus. Acta Physiologiae Plantarum, 30:287–292.

3- Abou El-Khashab A.M., El-Sammak A.F., Elaidy A.A., and Salama M.I. 1997. Paclobutrazol Reduces Some Negative Effects of Salt Strss in Peach. Journal of the American Society for Horticultural Science, 122:43-46.

4- Baninasab B. 2009. Amelioration of chilling stress by paclobutrazol in watermelon seedlings. Scientia Horticulturae, 121:144–148.

5-Baninasab B., and Ghobadi C. 2011. Influence of paclobutrazol and application methods on high-temperature stress injury in cucumber seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 30:213-219

6- Bates A.S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

7- Banon S., Ochoa J., Martinez J.A., Fernandez J.A., Franco J.A., Sanchez-blanco M.J., Alarcon J.J., and Morales M.A. 2003. Paclobutrazol as an aid to reducing the effects of salt stress in Rhamnus alaternus plants. Acta Horticulturae, 609:263–268.

8- Feng Z., Guo A., and Feng Z. 2003. Amelioration of chilling stress by triadimefon in cucumber seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 39:277–283.

9- Fletcher R.A., and Nath V. 1984. Triadimefon reduces transpiration and increases yield in water stressed plants. Physiologia Plantarum, 62:422–426.

10- Fletcher R., and Hofstra G. 1988. Triazol as potential plant protectants. In: Sterol Synthesis Inhibitors in Plant Protection. Eds D. Berg, M. Plempel, Cambridge, Ellis Horwood Ltd. 321-331.

11- Fletcher R.A., Gilley A., Sankhla N., and Davis T.D. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. Horticultural Reviews, 24:55–137.

12- Ghasemi Soluklui A.A., Ershadi A., Tabatabaee Z., and Fallah E. 2014. Paclobutrazol-Induced Biochemical Changes in Pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. 'Malas Saveh' under Freezing Stress. International Journal of Horticultural Science and Technology, 1: 181-190.

13- Gholami M., and Rahemi M. 2009. Effect of NaCl Salt Stress on Physiological and Morphological Characteristic of Vegetative Peach- Almond Hybrid (GF677) Rootstock. Plant production technology, 9:21-31. (in Persian with English abstract)

14- Gholami R., Arzani K., and Argi I. 2013 Effect of paclobutrazol and different amounts of irrigation water to feed on the growth of young Manzanilla olive. Journal of Horticultural Science, 26:402-408.(in Persian)

15- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., and Bohnert H.J. 2000. Plant cellular and molecular response to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51:463- 499.

16- Hajihashemi Sh., Kiarostami K., Enteshari Sh., and Saboora A. 2006. The effect of salt stress and paclobutrazol on some physiological parameters of two salt-tolerant and salt- sensitive cultivars of wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9: 1370-1374.

17- Kishor A., Srivastav M., Dubey A.K., Singh A.K., Sairam R.K., Pandey R.N., Dahuja A., and Sharma R.R. 2009. Paclobutrazol minimizes salt stress effects in mango (*Mangifera Indica* L.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 84:459–465.

18- Jamalian S., Tehranifar A., Tafazoli E., Eshghi S., and Davarynejad G.H. 2008. The Effect of Paclobutrazol on Fruit Yield, Leaf Mineral Elements and Proline Content of Strawberry Cv. Selva Under Saline Condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 3:118-122.

19- Jafari S.R., Manuchehri Kalantari Kh., and Turkzadeh M. 2006. Effects of Paclobutrazol on the enhancement of cold tolerance in tomato seedlings. Iran biology, 19:290-298. (in Persian with English abstract)

20: Manivannan P., Abdul Jaleel C., Kishorekumar A., and Sankar B. 2008. Protection of *Vigna unguiculata (L.)* Walp. plants from salt stress by paclobutrazol. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 61 :315–318.

21- Mardani M. 2015.The effect of jasmonic acid and paclobutrazol on the growth of almond seedlings under drought stress. Ms.C. thesis. Isfahan University of Technology, Iran.

22- Moradi S. 2015. The effect of paclobutrazol on cold hardiness of Rabab pomegranate (Punica granatum) seedlings. . Ms.C. thesis. Isfahan University of Technology, Iran.

23- Najafian S.H., Rahemi M., and Tavllali.,V. 2008. Growth and chemical composition of hybrid GF677 (*Prunus amygdalus x Prunus persica*) influenced by salinity levels of irrigation water. Asian Journal Plant Science, 1683-1685.

24- Percival G.C,. and Noviss K. 2008. Triazole induced drought tolerance in horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*). Tree Physiology, 28:1685-1692.
25- Razavizadeh R., Kazemzadeh M., and Enteshari Sh. 2013. paclobutrazol on some physiological characteristics of rape seedlings under salt stress. Journal of Crop Physiology, 19:48-35. (in Persian)
26- Rahnemoun H., Shekari F., Dejampour J.,and Khorshidi M.B. 2014. Salinity Effects on Some morphological and biochemical changes of almond (*Prunus dulcis* Mill.). Journal of Crops Improvement,179-192. (in Persian)
27- Sridharan R., Manivannan P., Murali P., Somasundaram R., and Panneerselvam R. 2009. Response of nonenzymatic antioxidant potential in radish by triazol compound. Global Journal of Molecular Sciences, 4:63-67.
28- Sorkheh K., Shiran B., Rouhi V., Khodambashi M. and Sofo A. 2012. Salt stress induction of some key antioxidant enzymes and metabolites in eight Iranian wild almond species. Acta Physiologiae Plantarum, 34:203–213.
29- Sharma D.K., Dubey A.K., Srivastav M., and Singh A.K. 2011. Effect of Putrescine and paclobutrazol on growth, physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt-sensitive citrus rootstock Karna khatta (*Citrus karna Raf.*) under NaCl stress. Plant Growth Regulation, 30:301–311.
30- Sharma M. K., and Joolka N.K. 2003. Bio-regulators mediated biochemical changes in 'Non Pareil' almond under soil water stress. Haryana Journal of Horticultural Science, 32:182–184.
31- Shakeri F., Baninasab B., Ghobadi C., and Mobli. M. 2009. Effect of paclobutrazol concenteration and application methods on vegetative and reproductive growth of strawberry (Fragaria × ananassa Duch. cv. Selva). Journal of Horticultural Sciences, 23:18-24. (in Persian with English abstract)
32- Srivastav M., Kishor A., Dahuja A., and Sharma R.R. 2010. Effect of paclobutrazol and salinity on ion leakage, proline content and activities of antioxidant enzymes in mango (*Mangifera indica L.*). Scientia Horticulturae, 125:785–788.
33- Xim O., Kwon Y.W., and Bayer D.E. 1996. Growth responses and allocation of assimilates of rice seedling by paclobutrazol and gibberellin treatment. Journal of Plant Growth Regulation, 16:35-41.
34- Zhu L.H., Peppel A.V., Li X.Y., and Welander M. 2004. Changes of leaf water potential and endogenous cytokinins in young apple trees treated with or without paclobutrazol under drought conditions. Scientia Horticulturae, 99:133–141.