مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۴ ، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱

مجله پژوهش های به زراعی

بررسی اثر محلول پاشی نیتروپروسایدسدیم (SNP) و براسینواستروئید (BNs) بر صفات رویشی ریشه و اندام هوای گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) در شرایط تنش شوری

سید سعید قضایی[1]*

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی نیتروپروسایدسدیم (SNP) و براسینواستروئید بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) در شرایط تنش شوری، آزمایشی در سال ۹۶-۱۳۹۵ بر اساس یک آزمایش گلخانه‌ای در منطقه شهرری به مدت یک سال انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار اجرا گردید که در آن تنش شوری از منبع نمک طعام (Nacl) در سه سطح (۰، ۴۰ و۸۰ میلی‌مولار)، محلول پاشی نیتروپروسایدسدیم در سه سطح (۰، ۷۵ و ۱۵۰میکرومولار) و براسینواستروئید در دو سطح (۰ و ۱/۵ میکرومولار) در نظر گرفته شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثرات ساده تنش شوری، کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک بر تمامی مورد بررسی معنی‌دار بود و از بین این صفات طول ریشه، تعداد برگ و وزن خشک ریشه تحت تاثیر اثر متقابل سه گانه تنش شوری، کاربرد اسید سالیسیلیک و اسید جاسمونیک قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط اعمال تنش شوری با کلرید سدیم ۹۵ میلی‌مولار، کمترین میزان ارتفاع بوته (۴۱/۹۳ سانتی متر)، طول ریشه (۹/۷۹ سانتی متر)، تعداد برگ (۴/۶۲)، سطح برگ تک بوته (۱۴۰/۷۳)، وزن تر اندام هوایی (۱۲/۹۳ گرم)، وزن خشک اندام هوایی (۲/۴۶ گرم) و وزن خشک ریشه (۱/۴۲ گرم) مشاهده گردید. یافته‌های مقایسه میانگین اثرات متقابل ۲ گانه تایید نمود که بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۱۱/۸۸۶۷ گرم) ، وزن خشک ریشه (۳/۷۸۱۱ گرم) و سطح برگ (۶۷۵/۶۳ سانتیمتر مربع) در شرایط محلولپاشی ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و ۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید حاصل گردید. بنابراین می‌توان اظهار داشت، مصرف نیتروپروساید سدیم و براسینواستروئید از طریق بروز اثرات ضد تنشی موجب ارتقای تمامی صفات مورفولوژیکی مورد آزمون در گیاه دارویی رزماری گردیدند.

واژه‌های کلیدی: براسینواستروئید، تنش شوری، رزماری، ریشه، صفات رویشی، نیتروپروسایدسدیم

* نگارنده مسئول (ghazaei.ss@gmail.com)

مقدمه

رزماری، *Rosmarinus officinalis* از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است که حداقل دارای ۱ درصد (حجم/وزن) روغن فرار می‌باشد. برگ و سرشاخه‌های گلدار گیاه، اندام دارویی رزماری را تشکیل می‌دهند. مواد موجود در اسانس رزماری شامل بورنئول، لیمونن، کامفن، ۱و ۸ سینئول، کامفر و آلفاپی نن است. ترکیبات اسانس نیز به محل و شرایط کشت ارتباط دارد. ترکیبات دیگر گیاه اسیدهای فنلی از جمله اسید روزماریک، اسید کافئیک و اسید کلروژنیک هستند. تحقیقات متعددی خاصیت ضد سرطان آن را اثبات کرده و اسید کارنوزیک موجود در آن دارای خاصیت قوی ضد ایدز (HIV) است همچنین سالیسیلات به مقدار زیاد، فلاوونوئیدها، ترکیبات تلخ دی ترپنی مانند کارنوزول و ترکیبات تری ترپتی، اجزای تشکیل دهنده دیگر این گیاه هستند (زرگری، ۱۳۹۳).

تنش شوری بر بسیاری از جنبه‌های رشد موثر بوده موجب تغییرات آناتومیکی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌گردد (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۴). در شرایط تنش گونه‌های فعال اکسیژن تولید و تجمع یافته که باعث خسارت اکسیداتیو و اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول می‌شوند (Sofo *et al.*, 2004). تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش منجر به آسیب رساندن به ماکرومولکول‌ها حیاتی مثل لیپیدها، راکسیداسیون لیپیدهای غشا، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سایر ترکیبات سلولی شده و اعمال طبیعی سلول را مختل می‌کنند (Tausz *et al.*, 2002). یکی از ترکیباتی که خواص آنتی اکسیدانی دارد براسینواستروئید است (Haubrick & Assmann, 2006). براسینو استروئیدها ترکیات رایج تولید شده در گیاه هستند که می‌توانند به عنوان تنظیم کننده‌های رشد عمل کنند (Bishop *et al.*, 2006). به علاوه پیشنهاد شده که براسینواستروئیدها می‌توانند در گروه هورمون‌های گیاهی قرار گیرند (Haubrick & Assmann, 2006). کاربرد بیرونی براسینواستروئید می‌تواند بر پروسه‌های مختلفی از رشد و نمو

در گیاهان اثر گذار باشد (Cao *et al.*, 2005). در حال حاضر مشخص شده که براسینواستروئیدها باعث ایجاد محافظت در برابر تعدادی از تنش‌های غیر زنده می‌شوند (Vardhini & Rao, 2003). براسینولیدها گروهی از هورمون‌های استروئیدی گیاهی را تشکیل می‌دهند که در اصل از دانه‌های گرده به عنوان پیش ماده‌های افزایش دهنده رشد جداسازی شده‌اند. براسینولیدها در بافت‌های جوان حضور دارند اما توزیع فضایی و پایین سلولی آن‌ها ناشناخته باقی مانده است. دو شکل فعال براسینواستروئید که تا کنون شناخته شده، براسینولید و پیش‌ساز فوری آن یعنی کاستاسترون هستند (Zhao & Li, 2012). براسینواستروئیدها هورمون‌های گیاهی استروئیدی هستند که نقش‌های تنظیمی مهمی در پروسه‌های فیزیولوژیکی مختلف شامل رشد، تمایز، طویل شدن ریشه و ساقه، رشد لوله گرده، خمش و اپی ناستی برگ، تمایز آوندها، مقاومت به بیماری‌ها، تحمل تنش و پیری بازی می‌کند (Clouse & Sasse, 1998; Nemhauser & Chory, 2004).

سدیم نیتروپروساید یک ترکیب رهاکننده نیتریک اکساید است که نقش آن در گیاهان موضوع پژوهش‌های مختلفی بوده است (Zheng *et al.*, 2009). سدیم نیتروپروساید در انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های محیطی نیز دخالت دارد (Del Rio *et al.*, 2004). این ترکیب به صورت پودری قرمز رنگ بوده و یک تنظیم کننده رشد گیاهی است. Neill *et al* (2008) گزارش کردند که کاربرد خارجی سدیم نیتروپروساید، بسته شدن روزنه را تحریک و سلول‌ها را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند. محلول پاشی این ترکیب نفوذپذیری غشاء، نشت الکترولیت‌ها و همچنین میزان پراکسیدهیدروژن موجود در برگ را کاهش داده است. محققان گزارش کرده‌اند که کاربرد خارجی این ماده موجب جارو کردن گونه‌های اکسیژن فعال، توسعه توانایی غشاء سلولی، بهبود فتوسنتز و وضعیت برگ می‌شود (Farooq *et al.*, 2009). در مطالعه‌ای بر

روی گندم مشاهده شده که غلظت ۱۵۰ میکرومولار سدیم نیتروپروساید موجب افزایش محتوی آب برگ گردید (Gracia Mata & Lamattina, 2002).

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر روی برخی صفات مورفولوژیکی (رویشی) گیاه دارویی آرتیشو در سطوح مختلف تنش شوری، آزمایشی در مهرماه ۱۳۹۳ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری انجام شد. شهرستان ری در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه قرار گرفته است و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۰۶۰ متر می‌باشد (باقری، ۱۳۸۲). جهت تعیین خصوصیات خاک (بافت و خصوصیات شیمیایی خاک)، قبل از اجرای آزمایش اقدام به نمونه برداری از خاک مورد استفاده برای گلدان‌ها گردید. یک نمونه که نماینده کاملی از خاک مورد استفاده برای گلدان‌ها بود،

جهت تعیین بافت و میزان ترکیبات شیمیایی موجود در خاک به آزمایشگاه ارسال گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

نوع آزمایش	EC ds/m	PH	TNV %	OC %	TotaIN %	P(ava) Mg/kg	K(ava) Mg/kg	Cly %	Silt %	Sand %	Texture
-	شوری کل اشباع	اسیدیته	آهک	کربن آلی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	رس	لای	ماسه	بافت
حدود مطلوب	<۶	۶/۵-۷	-	۲/۵-۳	۰/۲	۱۵	۵۰۰	۲۰	۲۰	۶۰	لوم شنی
۰-۳۰	۱۴/۱۰	۷/۵۹	۱۲	۲/۱۷	۰/۱۹	۱۲۰	۲۲۰	۱۵	۱۲	۴۰	شنی لوم

آزمایش به صورت فاکتوریل سه فاکتوره در قالب طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. عامل‌های آزمایشی شامل: تنش شوری در چهار سطح ۰, ۲۵, ۶۰, ۹۵ میلی‌مولار ، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در ۲ سطح عدم مصرف (شاهد) و مصرف ۰/۷ میلی‌مولار و محلول‌پاشی اسید جاسمونیک در ۲ سطح عدم مصرف (شاهد) و مصرف اسید جامونیک اسید به میزان ۱۰۰ میکرو مولار نظر گرفته شد. کاشت گلدانی آرتیشو با استفاده از خاک کشاورزی سنجش شده از نظر عناصر ضروری خاک، قبل از استفاده و اصلاح آن و افزودن مواد لازم به آن انجام شد. تعداد ۶۴ گلدان با اندازه‌های ۲۵ سانتی متر قطر دهانه گلدان و ۳۰ سانتی متر ارتفاع گلدان انتخاب گردید. از کف گلدان تا ارتفاع ۴ سانتی متر شن درشت برای زه کشی مناسب و به میزان ۷ کیلوگرم از خاک مورد نظر پر شدند. وزن گلدان خالی (میانگین وزن ۱۰ گلدان به صورت تصادفی اندازه گیری شد) و ۱۰۰ گرم تعیین شد. پس از آماده سازی خاک و پر کردن گلدان ها اقدام به کاشت گردید. بذرهای مورد نیاز از پژوهشکده گیاهان دارویی تهیه گردید و در هر گلدان بذرها با تعداد زیاد کشت شد تا در نهایت پس از تنک کردن، تعداد بوته‌ها در هر گلدان به ۷ عدد با فاصله ۵ سانتی متر رسید. در زیر گلدان‌ها از زیر گلدانی استفاده گردید تا در صورت هر گونه شستشو بر اثر آبیاری، آب جمع شده در زیر گلدانی مجدداً به گلدان برگردانده شود.

تهیه محلول‌ها

تهیه محلول کلرید سدیم (*NACL*)

برای تهیه محلول کلرید سدیم با غلظت مورد نیاز واحد میلی‌مولار را به گرم تبدیل کرده و بر اساس جرم مولکولی نمک طعام با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد.

تهیه محلول براسینواستروئید (*BRS*)

برای تهیه محلول براسینواستروئید در غلظت‌های ذکر شده واحد میکرومولار را به گرم تبدیل کرده و سپس با توجه به جرم مولکولی هورمون مذکور(۴۸۰/۶۸ g/mol) با اتانول به حجم یک لیتر رسانده شد.

تهیه محلول نیتروپروساید سدیم (*SNP*)

برای تهیه محلول نیتروپروساید سدیم در غلظت‌های ذکر شده واحد میکرومولار را به گرم تبدیل کرده و سپس با توجه به جرم مولکولی این ترکیب (g/mol ۲۹۷/۹۵) با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد.

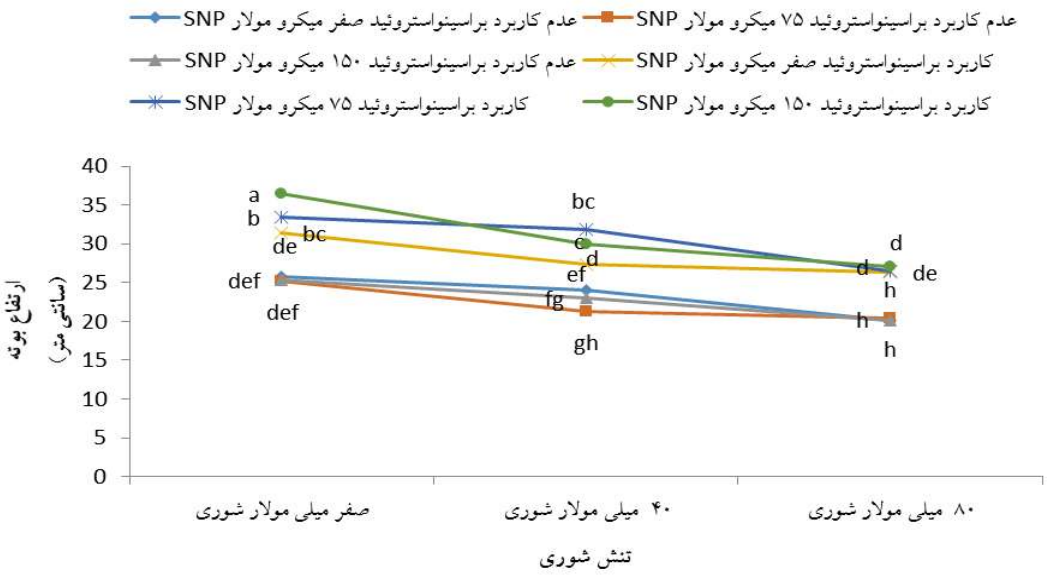
در پایان دوره‌ی رشد، تعداد ۴ بوته به صورت تصادفی از هر گلدان انتخاب و صفات رویشی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تعیین وزن تر اندام هوایی و ریشه پس از نمونه برداری و جدا شدن آن‌ها با ترازوی ۰/۰۱ توزین صورت پذیرفت. در ادامه نمونه‌های تفکیک شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۸ درجه درون آون قرار داده شدند و سپس وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید. سطح برگ نیز با استفاده از دستگاه اندازگیری سطح برگ (Leaf Area Meter) مدل CI 202 اندازه گیری شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که اثر اصلی شوری و براسینواستروئید، اثرات متقابل براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم و اثرات متقابل سه گانه عوامل بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج حاصل مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه، تیمار کاربرد ۱/۵ میکرومولار براسینواسترائید، ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید در شرایط عدم تنش شوری با میانگین ۳۶/۴۲ سانتی‌متر منجر به بالاترین ارتفاع بوته گیاه دارویی گردید و کمترین میزان نیز با میانگین ۲۰/۱۶ سانتی‌متر از تیمار عدم کاربرد براسینواستروئید، نیتروپروسایدسدیم و اعمال تنش شوری با۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بدست آمد (جدول ۳ و شکل ۱). اکبری قوژدی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که افزایش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ در گیاه دارویی شنبلیله گردیده بود همچنین کاهش ارتفاع بوته در اثر

اعمال تنش شوری در گیاه کنجد و آویشن (بابایی و همکاران، ۱۳۸۹) نیز گزارش شده است. گزارشات متعددی مبنی بر کاهش بیوماس گیاه تحت تنش شوری عنوان شده است. در تحقیقی روی گیاه کتان کاهش ارتفاع بخش هوایی و وزن گیاه تحت شرایط تنش شوری گزارش شده است (Meloni *et al.*, 2004). غلظت هورمون براسینواستروئید در اندام‌های زایشی و در بخش‌های درحال رشد (گرده، بذرهای نارس و شاخه‌ها) بیشتر است این امر نقش محرک رشد بودن این ترکیبات را نشان می‌دهد. تحریک رشد بوسیله براسینواستروئید در نتیجه تقسیم و طویل شدن سلول است. در واقع این دسته از هورمون‌ها، باعث افزایش سازگاری گیاهان در برابر شرایط نامساعد محیطی می شوند، به این صورت که، باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی شده و تحمل گیاهان را در محدوه وسیعی از تنش‌های محیطی خشکی، شوری، سرما و گرما افزایش داده اند و این افزایش عموما وابسته به تولید و افزایش رونوشت ژن‌های مسئول پاسخ به تنش، برای بالا بردن تحمل دربرابر تنش در درون گیاهان تیمار است (Clouse *et al.*, 1992). براسینواستروئید و نیتروپروسایدسدیم تحمل گیاهچه خیار سبز را در مقابل تنش‌های محیطی بهبود بخشیند (Katsumi, 2005).



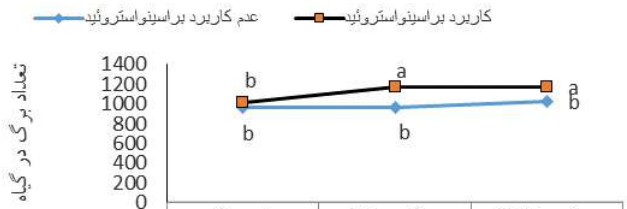
شکل ۱- اثرات متقابل سه گانه تنش شوری، کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بر ارتفاع بوته

تعداد برگ و شاخه‌های فرعی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفات رویشی، صفت تعداد برگ تحت تاثیر اثرات اصلی کاربرد براسینواستروئید، نیتروپروسایدسدیم و همچنین اثرات متقابل این دو تیمار قرار گرفت و صفت تعداد شاخه‌های فرعی نیز تحت تاثیر کاربرد براسینواستروئید و تنش شوری و همچنین اثر متقابل براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که تعداد برگ و تعداد شاخه فرعی در اثر کاربرد براسینواستروئید و نیتروروساید سدیم افزایش و در اثر تنش شوری کاهش یافت. در مورد اثر اصلی تنش شوری بر تعداد تعداد شاخه فرعی در بوته نیز (جدول ۳) نشان داد که بالاترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۲۵/۰۰ ساقه در بوته از تیمار عدم تنش شوری بدست آمد و کمترین

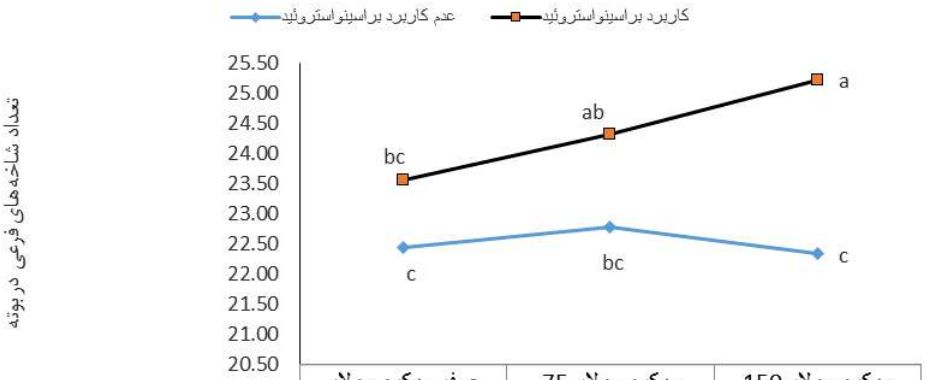
تعداد آن نیز با میانگین ۲۱/۸۳ شاخه از تیمار تنش شدید شوری حاصل شد. در خصوص صفت تعداد برگ نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم نشان داد که بالاترین تعداد برگ در بوته از کاربرد تیمارهای براسینواستروئید با ۷۵ میکرومولار نیتروپروساید سدیم با میانگین (۱۱۷۶/۳۳) و همچنین ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروسایدسدیم با میانگین (۱۱۷۰/۶۷) بدست آمد که هر دو در یک گروه آماری قرار دارند و کمترین میزان نیز با میانگین ۹۶۳/۴۴ برگ در بوته از تیمار عدم کاربرد این دو ترکیب بدست آمد (شکل ۲). نتایج مقایسات میانگین براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم نیز حاکی از آن بود که بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته در اثر کاربرد تیمارهای ۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید و ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم با میانگین ۲۵/۲۲ و همچنین ۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید و ۷۵ میکرومولار نیتروپروساید سدیم با میانگین ۲۴/۳۳ بدست آمد که هر دو در یک گروه آماری قرار دارند و کمترین تعداد با میانگین ۲۲/۴۴ ساقه فرعی از تیمار عدم کاربرد براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم بدست آمد (شکل ۳). اولین پاسخ گیاهان در برابر کاهش آب در گیاهچه در اثر خشکی طبیعی و چه در اثر خشکی فیزیولوژیک در اثر افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک رخ می‌دهد کاهش رشد در اندام‌های گیاهی و بخصوص در تعداد و سطح برگ است (فهیمی ۱۳۷۶). هورمون‌های استروئیدی براسینواستروئید نقش‌های حیاتی طی فرآیندهای مختلف رشد گیاهان شامل کنترل تکثیر و طویل شدن سلول را دارند (Fridman & Savaldi-Goldestein, 2013). Mokhtari & Afshari (2016) گزارش نمودند که تعداد برگ بوته در گیاه دارویی همیشه بهار تحت تاثیر سطح مختلف کاربرد براسینواستروئید به طور معنی‌داری کاهش یافت. در تحقیق دیگری با بررسی اثر نیتروپروسایدسدیم را بر روی

گیاه پنبه تحت تنش شوری ثابت نمودند که نیتروپروسایدسدیم باعث بهبود بخشیدن اثرات ناشی از تنش شوری و افزایش کلروفیل در برگ‌ها می‌شود (Shallan *et al.*, 2012).



	صفر میکرو مولار SNP	میکرو 75 مولار SNP	میکرو 150 مولار SNP
عدم کاربرد براسینواستروئید	963.44	965.22	1021.22
کاربرد براسینواستروئید	1011.78	1176.33	1170.67

شکل ۲- اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بر تعداد برگ در گیاه



	صفر میکرو مولار SNP	میکرو مولار 75 SNP	میکرو مولار 150 SNP
عدم کاربرد براسینواستروئید	22.44	22.78	22.33
کاربرد براسینواستروئید	23.56	24.33	25.22

شکل ۳- اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بر تعداد شاخه‌های فرعی

وزن تر اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) در مورد صفت وزن تر اندام هوایی بیانگر آن بود که این صفت تحت تاثیر اثرات اصلی تنش شوری، کاربرد براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم قرار گرفت. ولی سایر اثرات متقابل تاثیری بر این صفت نداشتند. نتایج مقایسات میانگین ارائه شده در جدول ۲ نشان داد که بیشترین و کمترین وزن تر اندام هوایی به ترتیب با میانگین ۳۳/۴۲ گرم از تیمار عدم تنش شوری و ۲۹/۸۸ گرم از تیمار تنش شدید شوری(۸۰ میلی‌مولار) بدست آمد. اثر اصلی کاربرد کاربرد براسینواستروئید نیز حاکی از آن بود که کاربرد ۱/۵ میکرومولار باعث حصول وزن تر با میانگین ۳۴/۲۸ و عدم کاربرد منجر به میانگین ۲۹/۰۵ گرم گردید (جدول۳). کاربرد نیتروپروساید سدیم نیز تاثیر مثبتی بر وزن تر اندام هوایی داشت بطوری که کاربرد ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم منجر به افزایش وزن تر با میانگین ۳۵/۳۶ گردید و عدم مصرف منجر به حصول وزن تر با میانگین ۲۸/۰۸ گرم شد (جدول ۳). در خصوص تایید نتایج تحقیق حاضر به پژوهش صورت گرفته بر روی گیاه رازیانه که تنش شوری منجر به کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه رازیانه شده بود میتوان اشاره نمود (صفرنژاد و همکاران، ۱۳۸۶). کاربرد ترکیباتی نظیر نیتروپروساید سدیم و براسینواستروئید از طریق افزایش در میزان پرولین، قندهای محلول و همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی منجر به افزایش در وزن خشک بوته گردیده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به تعداد برگ، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن تر اندام هوایی گیاه رزماری تحت تیمارهای مختلف آزمایشی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	تعداد برگ	تعداد شاخه‌های فرعی	وزن تر اندام هوایی
شوری (A)	۲	۱۶۹/۶۸**	۳۲۴۸۶۱۶/۱۷ns	۴۵/۱۷**	۵۶/۲۳**
براسینواستروئید (B)	۱	۷۰۴/۹۶**	۲۵۰۷۸۵/۱۸**	۴۶/۳۰**	۳۶۹/۹۹**
نیتروپروساید سدیم (C)	۲	۶/۱۵ns	۵۷۸۵۸/۵۰**	۲/۸۹ns	۲۳۸/۷۳**
ab	۲	۴/۱۶ns	۸۳۸۲/۳۵ns	۰/۹۱ns	۲/۱۴ns
ac	۴	۱/۹۰ns	۷۸۷۸/۰۰ns	۱/۵۶ns	۱/۱۰ns
bc	۲	۱۵/۹۷**	۳۰۳۹۲/۱۳*	۳/۸۵*	۲/۵۷ns
abc	۴	۷/۷۵*	۲۷۳/۱۳ns	۰/۹۶ns	۳/۸۴ns
خطا	۳۶	۲/۳۵	۹۹۳۱/۳۷	۱/۲۰	۱/۶۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۸۰	۹/۴۸	۴/۶۸	۴/۰۵

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار ومعنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن تر اندام هوایی گیاه رزماری تحت اثرات اصلی عوامل مختلف آزمایشی

تیمارها	ارتفاع (سانتیمتر)	تعداد برگ	تعداد شاخه‌های فرعی	وزن تر اندام هوایی (گرم)
کلرید سدیم				
صفر میلی‌مولار	۲۹/۵۸a	۱۰۸۵/۰۰a	۲۵/۰۰a	۳۳/۴۲a
۴۰ میلی‌مولار	۲۶/۲۵b	۱۰۵۷/۸۳ab	۲۳/۵۰ b	۳۱/۷۰b
۸۰ میلی‌مولار	۲۳/۴۵c	۱۰۱۱/۵۰ b	۲۱/۸۳c	۲۹/۸۸ c
براسینواستروئید				
صفر میکرومولار	۲۲/۸۱b	۹۸۳/۵۹b	۲۲/۵۲ b	۲۹/۰۵b
۱/۵ میکرومولار	۳۰/۰۴a	۱۱۱۹/۵۹a	۲۴/۳۷a	۳۴/۲۸a
نیتروپروساید سدیم				
صفر میکرومولار	۲۵/۸۳b	۹۸۷/۶۱b	۲۳/۰۰b	۲۸/۰۸c
۷۵ میکرومولار	۲۶/۴۵ab	۱۰۷۰/۷۸a	۲۳/۵۶ ab	۳۱/۵۷b
۱۵۰ میکرومولار	۲۶/۹۹a	۱۰۹۵/۹۴a	۲۳/۷۸a	۳۵/۳۶a

در هر ستون و برای هر عامل، حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات سه گانه عوامل آزمایشی بر ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه‌های فرعی و وزن تر اندام هوایی گیاه رزماری

	تیمارها		ارتفاع (سانتیمتر)	تعداد برگ	تعداد شاخه‌های فرعی	وزن تر اندام هوایی (گرم)
No NaCl	صفر میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۲۵/۷۸de	۹۴۵/۰۰d	۲۴/۰۰bcd	۲۷/۵۸ij
		75 µM SNP	۲۵/۲۵def	۹۸۸/۳۳bcd	۲۴/۳۳bcd	۳۱/۲۵ef
		150 µM SNP	۲۵/۲۹def	۱۰۶۳/۶۷bcd	۲۴/۰۰bcd	۳۴/۷۱cd
	۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۳۱/۳۶bc	۱۰۲۳/۰۰bcd	۲۴/۶۷bc	۳۱/۵۸ef
		75 µM SNP	۳۳/۳۸b	۱۲۳۶/۰۰a	۲۵/۶۷	۳۴/۷۶cd
		150 µM SNP	۳۶/۴۲a	۱۲۵۴/۰۰a	۲۷/۳۳a	۴۰/۶۱a
NaCl 40 mM	صفر میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۲۳/۹۸ef	۱۰۳۳/۰۰bcd	۲۲/۶۷de	۲۶/۰۰jk
		75 µM SNP	۲۱/۲۹gh	۹۶۸/۰۰cd	۲۳/۰۰cd	۲۷/۸۰hij
		150 µM SNP	۲۳/۰۰fg	۱۰۴۰/۰۰bcd	۲۲/۶۷de	۳۳/۱۷de
	۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۲۷/۳۴d	۱۰۳۸/۶۷bcd	۲۳/۳۳cd	۳۰/۳۰fg
		75 µM SNP	۳۱/۹۰bc	۱۱۴۲/۰۰ab	۲۳/۶۷cd	۳۵/۶۶bc
		150 µM SNP	۳۰/۰۳c	۱۱۲۵/۳۳abc	۲۵/۶۷ab	۳۷/۲۸b
80mM NaCl	صفر میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۲۰/۱۶h	۹۱۲/۳۳d	۲۰/۶۷f	۲۴/۰۸k
		75 µM SNP	۲۰/۳۸h	۹۳۹/۳۳d	۲۱/۰۰e	۲۶/۹۶ij
		150 µM SNP	۲۰/۲۰h	۹۶۰/۰۰d	۲۰/۳۳f	۲۹/۸۹fgh
	۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۲۶/۳۷de	۹۷۳/۶۷cd	۲۲/۶۷de	۲۸/۹۱ghi
		75 µM SNP	۲۶/۵۲d	۱۱۵۱/۰۰ab	۲۳/۶۷cd	۳۲/۹۸de
		150 µM SNP	۲۷/۰۵d	۱۱۳۲/۶۷abc	۲۲/۶۷de	۳۶/۴۸bc

کلیه میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

وزن خشک اندام هوایی

با توجه به نتایج تجزیه واریانس صفت وزن خشک اندام هوایی تحت تاثیر اثرات اصلی شوری، کاربرد براسینواستروئید و همچنین اثر متقابل براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم قرار گرفت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی با میانگین ۱۱/۸۸۶۷ گرم از کاربرد تیمار ۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید و ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و کاربرد تیمار ۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید و ۷۵ میکرومولار نیتروپروساید سدیم با میانگین ۱۱/۳۰۶۷ بدست آمد که هر دو در یک گروه آماری قرار دارند و کمترین میزان نیز با میانگین ۱۰/۲۶۶۷ گرم از تیمار عدم کاربرد این دو ترکیب بدست آمد (شکل ۴). همچنین نتایج مربوط به اثر اصلی تنش شوری نیز بیانگر آن بود که در اثر اعمال تنش شوری میانگین وزن خشک اندام هوایی مطابق انتظار از ۱۲/۲۷ در تیمار عدم تنش به ۹/۸۵ در تیمار تنش شدید (۸۰ میلی‌مولار) کاهش یافت (جدول ۵).

نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی کاربرد براسینواستروئید نشان داد که در اثر کاربرد ۱/۵ میکرومولار، وزن خشک اندام هوایی گیاه رزماری با میانگین ۱۱/۲۲ افزایش یافت و کمترین میزان با میانگین ۱۰/۳۳ از تیمار عدم کاربرد حاصل شد (جدول ۶).

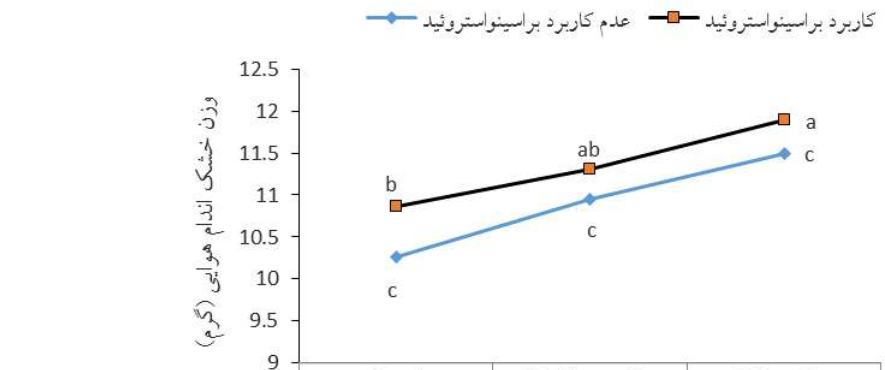
گزارشاتی مبنی بر کاهش وزن خشک اندام هوایی در گیاهان زراعی وجود دارد (Dash & Panda, 2001). مطالبی که در خصوص تفسیر وزن تر اندم هوایی بیان شد در مورد وزن خشک اندام هوایی نیز میتواند صادق باشد. کاربرد بیرونی براسینواستروئید می‌تواند بر پروسه‌های مختلفی از رشد و نمو در گیاهان اثر گذار باشد (Cao *et al.*, 2005). در حال حاضر مشخص شده که براسینواستروئیدها باعث ایجاد محافظت در برابر تعدادی از تنش‌های غیر زنده می‌شوند (Vardhini & Rao, 2003). سدیم نیتروپروساید آب کشیدگی برگ‌ها، نشت یون‌ها و میزان تعرق را کاهش می‌دهد و بسته

شدن روزنه‌ها را تحریک می‌کند و بدین ترتیب موجب افزایش تحمل به تنش‌ها می‌شود (Gracia Mata & Lamattina, 2001).

در سه گیاه دارویی اسفرزه، گل ختمی و سیاه دانه (Dolatabadian *et al.*, 2010)، رازیانه (Rahimi *et al.*, 2011)، بابونه (Omer *et al.*, 2008) و کلزا (Ahmadi *et al.*, 2006) نشان داده شده است که در اثر تنش شوری وزن خشک اندام هوایی به شدت کاهش یافته است.

برخی از مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد براسینواستروئیدها در کنترل رشد گیاه تحت شرایط تنش نسبت به شرایط بهینه، مؤثرتر است. برای مثال افزایش سرعت فتوسنتز (Shahbaz *et al.*, 2008)، ماده خشک اندام هوایی و عملکرد دانه *Brassica juncea* به طور قابل توجهی با کاربرد خارجی براسینواستروئیدها افزایش یافتند (Ali *et al.*, 2006).

Egbichi *et al* (2014) در بررسی تاثیر کاربرد نیتروپروساید بر روی گیاه سویا در شرایط تنش شوری نشان داند که کاربرد NO منجر به افزایش علملکرد دانه و ماده خشک کل در بوته‌های سویا گردید و اثرات سوء ناشی از تنش شوری نیز کاهش یافت.

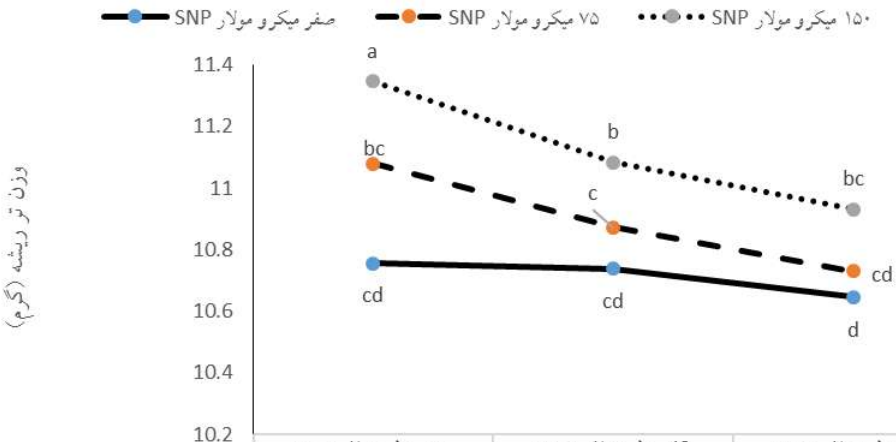


	صفر میکرو مولار SNP	میکرو مولار 75 SNP	میکرو مولار 150 SNP
عدم کاربرد براسینواستروئید	10.2667	10.9533	11.494
کاربرد براسینواستروئید	10.87	11.3067	11.8867

شکل ۴- اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بر وزن خشک اندام هوایی

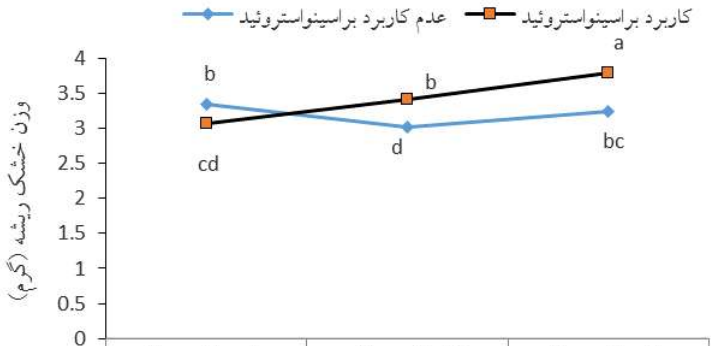
وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس بدست آمده از جدول ۵ نشان داد که اثرات اصلی (تنش شوری، کاربرد براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم) بر وزن تر و خشک ریشه و اثر متقابل تنش شوری و نیتروپروساید سدیم بر وزن تر ریشه و اثر متقابل کاربرد براسینواستوئید در نیتروپروساید سدیم بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شدند. نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثرات متقابل تنش شوری در نیتروپروساید سدیم برای صفت وزن تر ریشه نشان داد که بالاترین میزان با میانگین ۱۱/۳۴ گرم از تیمار کاربرد ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم در شرایط عدم تنش شوری بدست آمد و کمترین میزان نیز به ترتیب با میانگین ۱۰/۶۴ گرم از تیمار عدم کاربرد نیتروپروساید سدیم و در شرایط تنش شدید شوری بدست آمد (شکل ۵). در خصوص اثر متقابل براسینواستروئید و نیترو پروساید سدیم بر وزن خشک ریشه نیز بالاترین میزان با میانگین ۳/۷۸ گرم مربوط به تیمار کاربرد ۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید و ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بود و کمترین میزان نیز با میانگین ۳/۰۰ گرم مربوط به تیمار کاربرد ۷۵ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و عدم کاربرد براسینواستروئید بود (شکل ۶). براسینواستروئیدها فرآیندهای متابولیکی مانند فتوسنتز، نوکلئیک اسید، سنتز پروتئین، تمایز آوندی و فعالسازی آنزیم-ها را تحریک می‌کنند. براسینواستروئیدها یک اثر ضد تنش روی گیاهان دارند که به آن‌ها در غلبه بر تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی کمک می‌کند (Fariduddin *et al.*, 2009).



	صفر میلی مولار شوری	40 میلی مولار شوری	80 میلی مولار شوری
صفر میکرو مولار SNP	10.755	10.7367	10.645
۷۵ میکرو مولار SNP	11.0783	10.8717	10.73
۱۵۰ میکرو مولار SNP	11.3467	11.0833	10.9317

شکل ۵- اثرات متقابل کاربرد نیتروپروساید سدیم در تنش شوری بر وزن تر ریشه

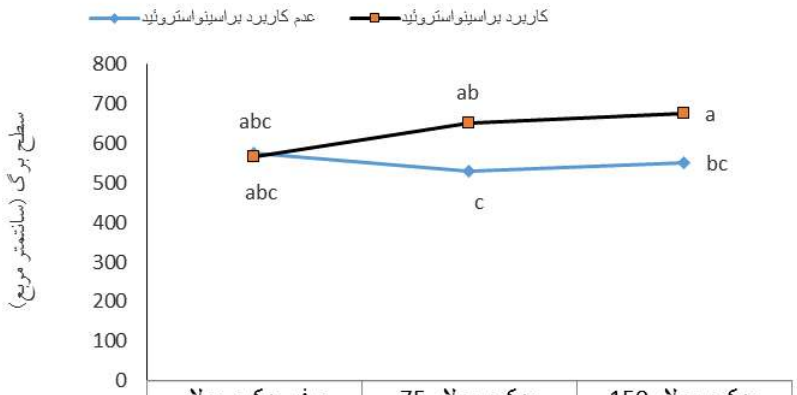


	صفر میکرو مولار SNP	۷۵ میکرو مولار SNP	۱۵۰ میکرو مولار SNP
عدم کاربرد براسینواستروئید	3.3356	3.0089	3.24
کاربرد براسینواستروئید	3.0689	3.4078	3.7811

شکل ۶- اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بر وزن خشک ریشه

سطح برگ

نتایج تجزیه نشان داد که اثرات اصلی تنش شوری، براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم و اثر متقابل براسینواستروئید، نیتروپروساید سدیم در سطح احتمال ۱ درصد بر سطح برگ بوته معنی دار بوند (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسات میانگین‌های اثرات متقابل براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بالاترین میزان سطح برگ با میانگین ۶۷۵/۶۳ سانتی‌متر از تیمار کاربرد براسینواستروئید با غلظت ۱/۵ میکرومولار و ۱۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم ۵۳۱/۴۴ سانتی‌متر مربع از تیمار عدم کاربرد براسینواستروئید و ۷۵ میکرومولار نیتروپروساید سدیم حاصل شد (شکل ۷) در خصوص نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی تنش شوری نیز بالاترین میزان سطح برگ با میانگین ۷۲۲/۹۶ سانتی‌متر مربع از تیمار عدم تنش شوری بدست آمد و کمترین میزان با ۴۶۸/۰۰ سانتی‌متر مربع مربوط به تیمار تنش شدید شوری ۸۰ میلی‌مولار بود (جدول ۶).



	صفر میکرو مولار SNP	75 میکرو مولار SNP	150 میکرو مولار SNP
عدم کاربرد براسینواستروئید	574.96	531.44	550.6
کاربرد براسینواستروئید	568.25	653.22	675.63

شکل ۷- اثرات متقابل کاربرد براسینواستروئید در نیتروپروساید سدیم بر سطح برگ

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و سطح برگ گیاه رزماری تحت تیمارهای مختلف آزمایشی

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	سطح برگ
شوری (A)	۲	۲/۱۴**	۰/۵۹**	۰/۷۳**	۲۹۳۰۵۰/۱۱**
براسینواستروئید (B)	۱	۱۰/۵۹**	۱۹/۷۴**	۰/۶۸**	۸۶۴۷۱/۲۱**
نیتروپروساید سدیم (C)	۲	۰/۴۶ns	۰/۲۶*	۰/۶۰**	۷۷۵۲/۸۳**
ab	۲	۰/۰۹ns	۰/۰۳ns	۰/۰۱ns	۱۲۲۵/۹۷ns
ac	۴	۰/۱۲ns	۰/۱۵*	۰/۰۱ns	۲۲۸۲/۹۲ns
bc	۲	۰/۵۰*	۰/۱۴ns	۰/۸۴**	۲۵۴۰۶/۵۳**
abc	۴	۰/۰۴ns	۰/۰۷ns	۰/۰۱ns	۸۲۹۲/۲۴ns
خطا	۳۶	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۲۸۰۴/۵۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۴۴	۲/۱۰	۴/۰۳	۸/۹۴

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و سطح برگ گیاه رزماری تحت اثرات اصلی عوامل مختلف آزمایشی

تیمارها	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
کلرید سدیم				
صفر میلی‌مولار	۱۲/۲۷a	۱۱/۰۶a	۳/۵۱a	۷۲۲/۹۶a
۴۰ میلی‌مولار	۱۰/۷۸b	۱۰/۸۳b	۳/۳۰b	۵۸۶/۱۰b
۸۰ میلی‌مولار	۹/۸۵c	۱۰/۷۰b	۳/۱۱ c	۴۶۸/۰۰ c
براسینواستروئید				
صفر میکرومولار	۱۰/۳۳b	۱۰/۲۶b	۳/۱۹ b	۵۵۲/۳۴b
۱/۵ میکرومولار	۱۱/۲۲a	۱۱/۴۷a	۳/۴۲a	۶۳۲/۳۷a
نیتروپروساید سدیم				
صفر میکرومولار	۱۰/۶۱b	۱۰/۷۵b	۳/۲۰b	۵۷۱/۶۱b
۷۵ میکرومولار	۱۰/۷۸ab	۱۰/۸۶ab	۳/۲۱ b	۵۹۲/۳۳ab
۱۵۰ میکرومولار	۱۰/۹۲a	۱۰/۹۹a	۳/۵۱a	۶۱۳/۱۲a

در هر ستون و برای هر عامل، حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات سه گانه عوامل آزمایشی بر صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و سطح برگ گیاه رزماری

تیمارها			وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)
No NaCl	صفر میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۱/۱۳bcd	۱۰/۱۷gh	۳/۵۳bcd	۶۹۲/۵۷b
		75 µM SNP	۱۰/۵۵d-g	۱۰/۴۱fg	۳/۱۴fgh	۶۶۴/۸۱bc
		150 µM SNP	۱۰/۷۶cde	۱۰/۷۱f	۳/۴۸cde	۶۶۶/۶۳bc
	۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۱/۲۹abc	۱۱/۳۴cde	۳/۳۰efg	۶۷۸/۳۳bc
		75 µM SNP	۱۱/۶۶ab	۱۱/۷۵ab	۳/۶۲bc	۷۸۶/۹۸a
		150 µM SNP	۱۱/۸۲a	۱۱/۹۸a	۴/۰۱a	۸۴۸/۴۳a
40 mM NaCl	صفر میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۰/۱۹e-h	۱۰/۱۸gh	۳/۳۵def	۵۹۷/۸۱cde
		75 µM SNP	۱۰/۱۱fgh	۱۰/۳۰gh	۳/۰۱hij	۵۰۷/۰۱fg
		150 µM SNP	۱۰/۲۷e-h	۱۰/۱۲gh	۳/۲۰fgh	۵۵۸/۱۲def
	۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۰/۷۱c-f	۱۱/۵۰bcd	۲/۹۹hij	۵۲۴/۹۶ef
		75 µM SNP	۱۱/۱۰a-d	۱۱/۲۴de	۳/۵۰cde	۶۹۳/۰۸b
		150 µM SNP	۱۱/۲۹abc	۱۱/۶۴abc	۳/۷۵b	۶۳۵/۶۰bcd
80 mM NaCl	صفر میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۹/۷۶h	۱۰/۰۱h	۳/۱۳f-i	۴۳۴/۵۱g
		75 µM SNP	۱۰/۱۲e-h	۱۰/۳۵fgh	۲/۸۸j	۴۲۲/۵۱g
		150 µM SNP	۱۰/۰۸gh	۱۰/۰۸gh	۳/۰۴hij	۴۲۷/۰۵g
	۱/۵ میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۰/۶۳d-g	۱۱/۲۸cde	۲/۹۱ij	۵۰۱/۴۷fg
		75 µM SNP	۱۱/۱۶a-d	۱۱/۱۱e	۳/۱۱ghi	۴۷۹/۶۱fg
		150 µM SNP	۱۱/۴۶ab	۱۱/۳۸b-e	۳/۵۹bc	۵۴۲/۸۵ef

کلیه میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات سه گانه عوامل آزمایشی بر وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و سطح برگ گیاه رزماری

	تیمارها		وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)
No NaCl	صفرمیکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۱/۱۳bcd	۱۰/۱۷gh	۳/۵۳bcd	۶۹۲/۵۷b
		75 µM SNP	۱۰/۵۵d-g	۱۰/۴۱fg	۳/۱۴fgh	۶۶۴/۸۱bc
		150 µM SNP	۱۰/۷۶cde	۱۰/۷۱f	۳/۴۸cde	۶۶۶/۶۳bc
	۱/۵میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۱/۲۹abc	۱۱/۳۴cde	۳/۳۰efg	۶۷۸/۳۳bc
		75 µM SNP	۱۱/۶۶ab	۱۱/۷۵ab	۳/۶۲bc	۷۸۶/۹۸a
		150 µM SNP	۱۱/۸۲a	۱۱/۹۸a	۴/۰۱a	۸۴۸/۴۳a
40 mM NaCl	صفرمیکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۰/۱۹e-h	۱۰/۱۸gh	۳/۳۵def	۵۹۷/۸۱cde
		75 µM SNP	۱۰/۱۱fgh	۱۰/۳۰gh	۳/۰۱hij	۵۰۷/۰۱fg
		150 µM SNP	۱۰/۲۷e-h	۱۰/۱۲gh	۳/۲۰fgh	۵۵۸/۱۲def
	۱/۵میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۰/۷۱c-f	۱۱/۵۰bcd	۲/۹۹hij	۵۲۴/۹۶ef
		75 µM SNP	۱۱/۱۰a-d	۱۱/۲۴de	۳/۵۰cde	۶۹۳/۰۸b
		150 µM SNP	۱۱/۲۹abc	۱۱/۶۴abc	۳/۷۵b	۶۳۵/۶۰bcd
80 mM NaCl	صفرمیکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۹/۷۶h	۱۰/۰۱h	۳/۱۳f-i	۴۳۴/۵۱g
		75 µM SNP	۱۰/۱۲e-h	۱۰/۳۵fgh	۲/۸۸j	۴۲۲/۵۱g
		150 µM SNP	۱۰/۰۸gh	۱۰/۰۸gh	۳/۰۴hij	۴۲۷/۰۵g
	۱/۵میکرومولار براسینواستروئید	No SNP	۱۰/۶۳d-g	۱۱/۲۸cde	۲/۹۱ij	۵۰۱/۴۷fg
		75 µM SNP	۱۱/۱۶a-d	۱۱/۱۱e	۳/۱۱ghi	۴۷۹/۶۱fg
		150 µM SNP	۱۱/۴۶ab	۱۱/۳۸b-e	۳/۵۹bc	۵۴۲/۸۵ef

کلیه میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند.

نتیجه گیری

با نتیجه گیری از تحقیق می‌توان اظهار داشت در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شوری، استفاده از ترکیبات ضد تنش براسینواستروئید و نیتروپروساید سدیم منجر به بهبود تمامی صفات رویشی در ریشه و اندام هوایی گردید. ضمن این که افزایش غلظت براسینواستروئید تا ۱/۵ میکرومولار و نیتروپروساید سدیم تا ۱۵۰ میکرومولار سبب بهبود این ویژگی‌ها گردید، بنابراین می‌توان در تحقیقات بعدی این گیاه حتی اثرگذاری مقادیر بیشتر را مورد ارزیابی قرارداد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات ارزشمند جناب آقای دکتر علیرضا پازکی استاد محترم راهنما و مرحوم دکتر امید صادقی‌پور استاد محترم مشاور که این اثر نتیجه زحمات این بزرگواران در طراحی و اجرا است و همچنین حوزه معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه ازاد اسلامی واحد یادگار امام (ره) شهرری کمال تشکر و قدردانی را دارم.

منابع

زرگری، ع. ۱۳۹۳. گیاهان دارویی. انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوم. ۵۱۰-۵۴۶.

علیزاده، ا. ۱۳۷۴. رابطه آب خاک و گیاه، نشر مشهد، ۷۴۴ ص.

اکبری قوژدی، ا.، ع. ایزدی، ا. برزوئی، ع. مجدآبادی. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۴(۱): ۸۲-۷۱.

بابایی، ک.، م. امینی، ع. مدرس ثانوی، و ر. جباری. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و شیمیایی گیاه آویشن باغی. نشریه زراعت. ۷۹:۷۱-۸۶.

صفرنژاد، ع.، ع. صدر، و ح. حمیدی. ۱۳۸۶. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیسیاه‌دانه. فصل نامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۵ (۱):۸۴-۷۵.

Ali, Q., H. Athar, R. H.-UR-R, and M. Ashraf. 2006. Infl uence of exogenously applied brassinosteroids on the mineral nutrient status of two wheat cultivars grown under saline conditions. Pakistan Journal of Botany 38: 1621–1632.

Dolatabadian, A., S.A.M.M. Sanavy, and K.S. Asilan. 2010. Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. Notulae Scientia Biologicae, 2(3): 45.

Egbichi, I., M. Keyster, and N. Ludidi. 2014. Effect of exogenous application of nitric oxide on salt stress responses of soybean. South African Journal of Botany, 90 :131-136.

Fariduddin, Q., S. Khanam, S.A. Hasan, B. Ali, S. Hayat, A. Ahmad. 2009. Eff ect of 28-homobrassinolide on the drought stress-induced changes in photosynthesis and antioxidant system of Brassica juncea L. Acta Physiol Plant, 33: 889–897.

Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, *et al*. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.

Garcıa-Mata, c. and L. Lamattina. 2002. Nitric oxide and abscisic acid cross talk in guard cells. Plant physiology, 128 (3): 790-792.

Haubrick, L.L. and S.M. Assmann. 2006. Brassinosteroids and plant function: some clues, more puzzles. Plant, cell & environment, 29(3): 446-457.

Ahmadi, S.H. and J.N. Ardekani. 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (Brassica napus) cultivars. Irrigation Science, 25(1): 11-20.

Bishop, A., A.P. Mähönem, Y. Helariutta. 2006. Signs of changes: hormone receptors that regulate plant development. Development, 133, 1857-1869.

Cao, S., Q. Xu, Y. Cao, K. Qian, K. An, Y. Zhu, H. Binzeng, H. Zhao, and B. Kuai. 2005. Loss of function mutation in Det2 gene lead to an enhanced resistance to oxidative stress in Arabidopsis. Physiol. Plant, 123: 57-66.

Clouse, S.D. and J.M. Sasse. 1998. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development. Annual review of plant biology, 49(1), pp.427-451.

Dash, M. and S.K Panda. 2001. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating Phaseolus mungo seeds. Biologia plantarum, 44 (4): 587-589.

Del Rio, L.A., F.J. Corpas, and J.B. Barroso. 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. Phytochem, 65: 783-792.

species varieties cultivated under Egyptian soil salinity conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(4): 293-300.

Shahbaz, M. M. Ashraf, H. Athar, H.-ur-R. 2008. Does exogenous application of 24-epibrassinolide ameliorate salt induced growth inhibition in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Growth Regulator 55: 51–64.

Shallan, M.A., H.M.M. Hassan, A.A.M. Namich, and A.A. Ibrahim. 2012. Effect of Sodium Niroprusside, Putrescine and Glycine Betaine on Alleviation of Drought Stress in Cotton Plant", J. Agric. & Environ. Sci, 12(9): 1252-1265.

Sofo, A., B. Dichio, C. Xiloyannis, and A. Masia. 2004. Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. Plant Science, 166: 293-300.

Tausz, M., A. Sorger, and D. Grill. 2002. Complex interactive effects of drought and ozone stress on antioxidant defense systems of two wheat cultivars. Plant Physiology and Biochemistery, 40: 691-695.

Vardhini, B.V. and S.S.R. Rao. 2003. Effect of brassinosteroids on growth, metabolite content and yield of Arachis hypogaea. Phytochemistry 48, 927–930.

Katsumi, M. 2005. Interaction of a brassinosteroi d with lAA and GA3 in the Elongation of cucumbe r hypocotyl sections. Plant Cell Physiol. 26, 615-625.

Meloni, D.A, M.R. Gulotta, C.A. Martinéz, and M.A. Oliva. 2004. The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in Prosopis alba. Braz. J. Plant Physiol, 16: 39-46.

Mokhtari, N. and H. Afshari. 2016. Effect of brassinosteroid (24-epibrassinolide) on morphophysiological parameters and essential oils of' Calendula officinalis' L. by EC nutrient solution. Australian Journal of Crop Science, 11(11): 1496.

Neill, S., R. Barros, J. Bright, R. Desikan, J. Hancock, J. Harrisan, P. Morris, D. Ribeiro, and I. Wilson. 2008. Nitric oxide, stomatal closure, and abiotic stress. Journal Exp Bot, 59: 165-176.

Nemhauser, J.L. and J. Chory. 2004. Bring it on: new insights into the mechanism of brassinosteroid action. J. Exp. Bot. 55: 265–270.

Omer, E.A., H.A.H. Said-Al Ahl,. and S.F. Hendawy. 2008. Production, chemical composition and volatile oil of different basil

Exogenous nitric oxide improves seed germination in wheat against mitochondrial oxidative damage induced by high salinity. Environ. Exp. Bot, 67: 222-227.

Zhao, B. and J. Li . 2012. Regulation of brassinosteroid biosynthesis and inactivation, J. Integr. Plant Biol. 54: 746–759.

Zheng, C., D. Jiang, F. Liu, T. Dai, W. Liu, Q.I Jing, and W. Cao. 2009.

The effect of foliar application of sodium nitroprusside (SNP) and brassinosteroids (BNs) on root and shoot vegetative traits of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) under salinity stress conditions

S.S. Ghazaei[1*]

1. M.Sc Graduated, Department of Agronomy, Yadgar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

Due to study the effect of foliar application of sodium nitroprusside (SNP) and brassinosteroids (BNs) on root and shoot vegetative traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) under salinity stress conditions, a greenhouse experiment was done at shahr-e-rey region 2016-2017. The experiment was conducted as factorial based on completely randomized design with four replications. In which salinity stress from the source of Nacl at three levels (0, 40 and 80 mM), Sodium nitroprusside at three levels (0, 75 and 150 µM) and Brassinosteroids at two levels (0 and 1.5 µm) were considered. The analysis of variance results showed that the simple effects of salinity stress, application of salicylic acid and jasmonic acid were significant on all investigated subjects, and among these traits, root length, number of leaves and root dry weight were influenced by the triple interaction of salinity stress, salicylic acid and jasmonic acid. The results of mean comparison showed that in 95 mM sodium chloride consumption the lowest plant height (41.93 cm), root length (9.79 cm), leaves number (4.62), leaf area of plant (140.73), shoot fresh weight (12.93 g/plant), shoot dry weight (2.46 g/plant) and root dry weight (1.42 g/plant) were observed. The results of mean comparison double interaction effects confirmed that maximum amount of shoot dry weight (11.8867 g/plant), root dry weight (3.7811 g/plant) and leaf area (675.63 cm^2) were obtained at 150 µM of sodium nitroprusside and 1.5 µM of brassinosteroid. Therefore, it can be concluded that consumption of sodium nitroprusside and brassinosteroid improved all morphological traits tested in rosemary medicinal plant through the occurrence of anti-stress effects.

Keywords: Brassinosteroid, Root, Rosemary, Salinity stress, Sodium nitroprusside, Vegetative traits

* Corresponding author (ghazaei.ss@gmail.com)