

تأثیر تنش شوری بر برخی پارامترهای عملکردی و خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعنای سبز (*Mentha spicata* L.) در شرایط هیدروپونیک

زهرا صفری محمدیه^۱، محمد مقدم^{۱*}، بهرام عابدی^۱ و لیلا سمیعی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۲۶)

چکیده

نعناع جزو سبزی‌های برگ‌ریز و یکی از گیاهان دارویی مهم است که در نقاط مختلف جهان کشت می‌گردد. به منظور بررسی تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک گیاه نعنای سبز (*Mentha spicata* L.) آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط هیدروپونیک انجام گرفت. تیمارهای شوری حاصل از کلرید سدیم دارای پنج سطح (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار) و چهار تکرار بودند. بستر کشت از جنس کوکوپیت و پرلایت به نسبت ۲ به ۱ بود و از محلول غذایی کود کامل استفاده شد. تغذیه گیاهان هفته‌ای دوبار همراه با آب آبیاری اعمال گردید. زمانی که ارتفاع گیاهان به حدود ۳۰ سانتی‌متر رسید، تیمارهای شوری اعمال شدند و تا مرحله‌ی گل‌دهی کامل ادامه یافتند. در پایان آزمایش، صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع گیاه، تعداد ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی، سطح برگ، وزن ویژه برگ، قطر ساقه، تعداد گره، طول میانگره چهارم و طول سنبله اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که شوری تأثیر معنی‌داری بر صفات سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه، ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، تعداد گره، طول میانگره‌ی چهارم و طول سنبله داشت. بیشترین سطح برگ، وزن خشک برگ، ارتفاع بوته و تعداد ساقه فرعی در تیمار شاهد، کمترین میزان سطح برگ و وزن خشک برگ در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار و کمترین میزان ارتفاع بوته و تعداد ساقه فرعی در تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار مشاهده شد. شوری اثر معنی‌داری بر نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه، نسبت وزن تر برگ به ریشه، وزن ویژه برگ، تعداد ساقه اصلی و قطر ساقه نداشت. بر طبق نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد گیاه نعنای سبز حساس به شوری است و نمی‌تواند شوری بیشتر از ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم را تحمل کند.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، گلیکوفیت‌ها، ویژگی‌های فیزیولوژیک

مقدمه

شوری می‌باشد و اصطلاح شوری در بیشتر موارد به حضور بیش از اندازه‌ی این نمک در خاک گفته می‌شود (۹). تنش شوری مانند بسیاری از تنش‌های غیر زیستی، رشد گیاه را کاهش می‌دهد. کاهش رشد یک روش سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است (۴۰). این کاهش رشد به دلیل افت انرژی ذخیره‌ای گیاه می‌باشد که به علت اختلال در فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه به وجود می‌آید (۳۱).

تنش‌های گوناگون محیطی از مهمترین عللی هستند که تولیدات کشاورزی را به روش‌های مختلفی دچار مشکل می‌سازند و تنش شوری یکی از این تنش‌ها است (۸، ۲۶ و ۴۲). تنش شوری یکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد و تولید در گیاهان زراعی، باغی و دارویی در جهان، خصوصاً مناطق خشک و نیمه خشک، به شمار می‌آید (۲۸ و ۳۵). کلرید سدیم اصلی‌ترین منبع

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. گروه گیاهان زینتی، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.moghadam@ferdowsi.um.ac.ir

کاهش رشد و عملکرد بستگی به غلظت نمک دارد. هرچه غلظت نمک افزایش یابد، کاهش رشد چشمگیرتر است (۲۷). گیاهان در مقابله با شوری، تغییرات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بسیاری از خود نشان می‌دهند (۲۰). گلیکوفیت‌ها، که اکثر گیاهان باغی و سبزی‌ها را شامل می‌شوند، در محیط‌های غیر شور رشد خوبی داشته و به غلظت‌های زیاد نمک حساس هستند (۹ و ۴۱). شوری در اکثر گیاهان، ماده خشک، ارتفاع گیاه و سطح برگ را کاهش می‌دهد (۳۷).

نعناع گیاهی علفی، پایا و چندساله، دارای ساقه‌های خزننده و زیرزمینی، متعلق به خانواده نعناعیان (Labiatae) است. ریشه، استولون‌ها و ریزوم‌های آن دارای گره‌های متعددی بوده که ریشه‌های باریک و گیاهان کوچک در اطراف پایه مادری از این محل منشأ می‌گیرند. اندام زیرزمینی این گیاه نازک و سفید رنگ، به طول ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر است. ریشه آن سطحی است و گل‌آذین در گونه *Mentha spicata* L. به صورت سنبله در قسمت انتهایی ساقه گیاه قرار دارد (۱۸). نعناع جزو گیاهانی است که کاربرد وسیعی در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی دارد. عرق نعناع که از برگ‌های آن به دست می‌آید خواص دارویی زیادی دارد. اسانس نعناع نیروبخش، مقوی معده، ضد نفخ، ضد تشنج، کاهش دهنده تراوش‌های معده، تسکین دهنده درد، زخم معده و سوزش آن است (۱۲).

عملکرد اندام‌های رویشی گونه‌های مختلف نعناع در اثر تیمار شوری کاهش می‌یابد (۳۹). طبائی عقدائی و همکاران (۱۷) اثر تنش شوری را بر قلمه‌های ژنوتیپ‌های سه گونه نعناع مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، درصد ریشه‌زایی متوسط، طول ریشه حداکثر، طول سرشاخه و تولید جوانه کاهش یافتند. با این وجود، تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین ژنوتیپ‌ها در واکنش به شوری مشاهده شد که با گزینش ژنوتیپ‌های نعناع در جهت افزایش مقاومت به شوری، می‌توان ارقام متحمل به تنش را جهت کشت در مناطق شور اصلاح نمود. ارچنگی و همکاران (۲) اظهار داشتند که افزایش شوری باعث کاهش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام

هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ در گیاه دارویی سنبله (*Trigonella foenum gracum*) می‌شود. تنش شوری باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و زیست‌توده در ژنوتیپ‌های رازیانه شد (۱۵). عملکرد تک بوته، وزن کل، ارتفاع بوته و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در اثر تنش شوری در گیاه کنجد کاهش یافت (۷). تنش شوری ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن خشک گیاه آویشن را کاهش داد، ولی حجم ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه با افزایش شوری افزایش یافت (۵).

این آزمایش‌گلدانی با هدف تعیین تأثیر تیمارهای تنش شوری کلرید سدیم بر برخی پارامترهای عملکردی و ویژگی‌های مورفولوژیک گیاه نعناع سبز در شرایط هیدروپونیک انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت یک آزمایش‌گلدانی در بهار و تابستان ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ۵ سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) بودند. گیاه مورد استفاده، نعناع سبز اکوتیپ مشهد بوده و ریزوم‌های آن از سبزیکاری‌های نزدیک مشهد تهیه گردید. برای داشتن تعداد بیشتری بوته در هر تیمار، هر واحد آزمایشی (تکرار) متشکل از ۳ گلدان بود که تعداد پنج نشای هم‌اندازه با ریزوم‌هایی با طول مساوی در هر گلدان کاشته شد. گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر بودند. بستر کشت گیاه از جنس کوکوپیت و پرلایت (با اندازه دانه ۳ تا ۵ میلی‌متر) به نسبت ۲ به ۱ بود و از محلول غذایی کود کامل، محصول شرکت اورتکس اسپانیا، با غلظت NPK (۲۰:۲۰:۲۰) و سایر ریزمغذی‌ها شامل B: ۰/۰۲، Cu: ۰/۰۷، Fe: ۰/۱، Mn: ۰/۰۵، Mo: ۰/۰۰۰۴ و Zn: ۰/۰۵ درصد استفاده شد. تغذیه گیاهان هفته‌ای دوبار همراه با

از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشته است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که با افزایش شوری در آب آبیاری، ارتفاع گیاه کاهش یافت (شکل ۱- الف). بیشترین ارتفاع (۱۰۷/۷ سانتی‌متر) در تیمار شاهد و کمترین ارتفاع در تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار به دست آمد. شوری باعث کاهش ارتفاع آگاستاکه (از تیره نعنایان) (۱۰)، ریحان (۸)، بادرشوبیه (۱۱)، زیره سبز و سنبل‌الطیب (۱۴)، برنج (۲۱)، یازده ژنوتیپ نخود (۱۳)، سیاهدانه (۱۹)، ذرت علوفه‌ای (۲۳)، آمارانتوس (۲۱) و گیاه شوید (۲۴) شد.

رشد و ارتفاع بوته به شرایط محیطی که گیاه در آن رشد می‌کند وابسته است. یکی از این شرایط، فراهم بودن آب کافی برای گیاه است. در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز گیاه، فشار تورژانس سلول‌ها کاهش می‌یابد و با اثر بر طول سلول‌ها، کاهش ارتفاع رخ می‌دهد. تنش اسمزی حاصل از تنش شوری موجب کاهش محتوای آب سلول‌ها می‌شود و طویل شدن سلول‌ها با مشکل مواجه می‌گردد (۲۲ و ۳۶). تیموری و همکاران (۶) به این نتیجه دست یافتند که افزایش شوری باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ و منجر به کاهش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد. همچنین، کاهش ارتفاع گیاهان در شرایط تنش شوری به دلیل کاهش فتوسنتز می‌باشد (۱۴ و ۲۷).

سطح برگ

اثر سطوح مختلف شوری بر سطح برگ معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت نمک در آب آبیاری، سطح برگ کاهش یافت و بیشترین و کمترین سطح برگ در تیمارهای شاهد و

آب آبیاری اعمال گردید. زمانی که ارتفاع گیاهان به حدود ۳۰ سانتی‌متر رسید، تیمارهای شوری اعمال شدند و تا مرحله‌ی گل‌دهی کامل ادامه یافتند. طول مدت آزمایش چهار ماه از اواسط اسفند (تاریخ کاشت) تا اواسط تیر (پایان آزمایش) به طول انجامید. به منظور جلوگیری از شوک ناگهانی به گیاه، تیمار شوری از کمترین مقدار (۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) شروع شد و به تدریج طی آبیاری، غلظت‌های بیشتر اعمال شد. در طول دوره رشد، میانگین دمای شب و روز به ترتیب ۱۶ و ۲۴ درجه سلسیوس و میانگین رطوبت نسبی گلخانه ۷۲ تا ۸۴ درصد بود. در پایان آزمایش، صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع گیاه، تعداد ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی، سطح برگ، وزن ویژه برگ، قطر ساقه، تعداد گره، طول میانگره چهارم و طول سنبله اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته، طول سنبله و طول میانگره چهارم توسط خط‌کش و قطر ساقه توسط کولیس اندازه‌گیری شد. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل LI-3100 COR Area Meter تعیین شد. وزن ویژه برگ (Specific leaf weight, SLW) بر اساس رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$SLW = LDW / LA \quad [1]$$

که در آن SLW وزن ویژه برگ (گرم بر سانتی‌متر مربع)، LA سطح برگ (سانتی‌متر مربع) و LDW وزن خشک برگ (گرم) می‌باشد. تعدادی مشخص برگ به صورت تصادفی از قسمت‌های میانی هر گیاه انتخاب گردید و سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ به دست آمد. سپس، برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس تا خشک شدن کامل قرار گرفتند و سپس توزین شدند (۲۹). در پایان مرحله‌ی گل‌دهی کامل؛ بوته‌ها از بستر کشت خارج شده، برگ‌ها از ساقه‌ها جدا شدند و وزن تر برگ، ساقه و ریشه اندازه‌گیری شد. وزن خشک بعد از خشک شدن گیاه در سایه به دست آمد. وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی با استفاده از ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار JMP₈ صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف مورفولوژیک در گیاه نعنای تحت تیمارهای تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ کل	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن ویژه برگ
تکرار	۳	۲۸۴۰۲۲۵ ^{ns}	۸۳۳/۳۶۴۲ ^{ns}	۱۰۰۸/۳۸ ^{ns}	۳۱۵۱۸/۳۶ ^{ns}	۱۳۵/۳۸۵ ^{ns}	۹۵/۲۳ ^{ns}	۱۴۷۸/۹۴ ^{ns}	۲/۰۸۶ ^{ns}
شوری	۴	۱۹۵۶۳۴۵۴۸*	۵۳۶۷۵/۶۳۲۵*	۳۱۴۳۵/۴۶*	۵۹۲۳۵۳/۲*	۲۸۳۰/۹۹۹*	۲۸۳۲/۱۵۱*	۲۱۰۰۳/۶۸*	۰/۳۸۹ ^{ns}
خطا	۱۲	۶۵۱۰۸۱۸	۳۷۷۰/۱۸۰	۸۶۶/۷۷۵	۴۶۷۶۶/۶	۱۶۳/۲۰۴	۴۱/۱۵۸	۱۷۲۶/۴۸	۲/۸۹۰
ضرب		۲۲/۵۹	۱۳/۷۰	۱۱/۳۹	۲۵/۴۴	۱۲/۲۷	۲۱/۳۵	۱۹/۱۷	۱۰/۱۵
تغییرات (%)									

ادامه جدول ۱

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع گل آذین	نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه	نسبت وزن تر برگ به ریشه	تعداد شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	ارتفاع گیاه	طول میانگره	قطر ساقه	تعداد گره
تکرار	۳	۰/۸۲۹۲ ^{ns}	۰/۰۳۱۱ ^{ns}	۰/۱۱۴ ^{ns}	۱۶/۹۸ ^{ns}	۱۲۹/۲۰ ^{ns}	۱۴/۳۸۱ ^{ns}	۰/۱۱۱ ^{ns}	۰/۲۹۱۵ ^{ns}	۱/۱۹۵ ^{ns}
شوری	۴	۰/۱۴۴۷*	۰/۰۷۱ ^{ns}	۰/۱۴۱ ^{ns}	۹۵/۵۷۵ ^{ns}	۳۹۶/۱۴۳*	۸۷۴/۱۶۷*	۰/۷۹۹*	۰/۹۸۷۰ ^{ns}	۳/۲۱*
خطا	۱۲	۰/۴۹۴۵	۰/۰۶۹	۰/۱۴۰	۴۰/۱۰۸	۴۰/۵۶	۵/۷۹۴	۰/۱۰۴	۰/۳۰۸۸	۸/۸۱
ضرب		۲۳/۴۰	۹/۹۶	۱۲/۶۱	۱۳/۸۷	۲۳/۱۳	۱۶/۰۳	۱۹/۴۳	۱۷/۴۲	۱۰/۴۴
تغییرات (%)										

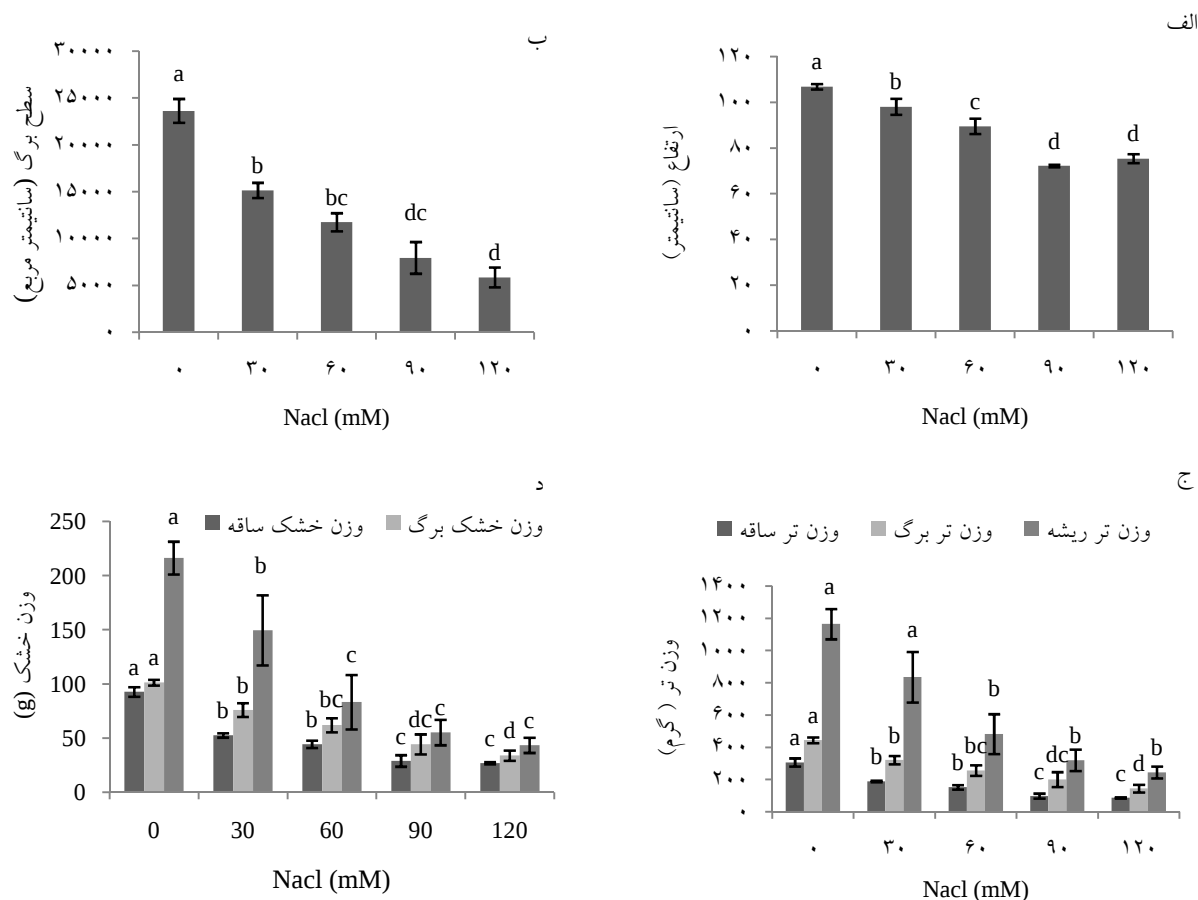
* و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

مختلف بادام (۴)، گیاه آمارانتوس (۲۱)، ریحان (۸)، شوید (۲۴) و گیاه آگاستاکه (۱۰) تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ شد.

وزن تر برگ، ساقه و ریشه

تنش شوری بر وزن تر برگ، ساقه و ریشه اثر معنی‌دار داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری، وزن تر برگ، ساقه و ریشه کاهش یافت. بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در تیمارهای شاهد و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری مشاهده شد (شکل ۱-ج). بیشترین وزن تر ساقه در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری به دست آمد. بین تیمارهای ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار و تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری از لحاظ

۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم مشاهده گردید (شکل ۱-ب). کاهش سطح برگ، اولین واکنش گیاهان گلکوفیت در برابر شوری می‌باشد (۱۰ و ۳۳). تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ و کاهش فتوسنتز می‌گردد (۱). کاهش سطح برگ می‌تواند به دلیل اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی یا کاهش مدت زمان توسعه سلولی باشد. چنین به نظر می‌رسد که در گیاهان گلکوفیت، سرعت انتقال نمک از ریشه به اندام هوایی بیش از ظرفیت جاده‌ی برگ‌ها برای نمک باشد که باعث کند شدن آهنگ رشد برگ می‌شود و در نهایت برگ می‌میرد (۱۰ و ۴۱). کاهش سطح برگ می‌تواند به سه دلیل رخ دهد: ۱- کاهش تک برگ‌ها، ۲- کاهش تولید در برگ‌های جوان و ۳- ریزش برگ‌های پیر (۴). در دو گونه کلزا و شلغم روغنی (۱)، دو پایه



شکل ۱. اثر سطوح مختلف کلرید سدیم بر الف: ارتفاع بوته، ب: سطح برگ، ج: وزن تر و د: وزن خشک اندام‌های مختلف نعنای سبز. بارها نشان‌دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می‌باشند.

همچنین، تنش آب که از آثار ثانویه تنش شوری می‌باشد باعث کاهش سریع تعداد برگ‌ها می‌گردد (۱۶). وزن تر اندام هوایی کوشیا (۲۲)، وزن تر ساقه بابونه شیرازی (۲)، وزن تر سیاه دانه (۱۹)، وزن تر بخش هوایی و ریشه ذرت علوفه‌ای (۲۳) و وزن تر برگ و ساقه گیاه آگاستاکه (۱۰) پس از اعمال تنش شوری کاهش پیدا کرد.

وزن خشک برگ، ساقه و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر شوری بر وزن خشک برگ، ساقه و ریشه معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن خشک برگ در تیمارهای شاهد و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به دست آمد (شکل ۱-د). با افزایش سطح شوری، وزن

وزن تر ساقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱-ج). همچنین، از لحاظ وزن تر ریشه، بین تیمارهای شاهد و ۳۰ میلی‌مولار و تیمارهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱-ج). نسبت وزن تر برگ به ریشه و نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه تحت تأثیر تنش شوری قرار نگرفت (جدول ۱). از معیارهای مهم برای انتخاب ارقام مقاوم به تنش شوری، اندازه‌گیری اندام هوایی می‌باشد (۱۴ و ۳۴). سمیت یونی حاصل از افزایش عناصر مضر در تنش شوری در کلیه فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاه اختلال ایجاد می‌نماید و اندام هوایی به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش می‌یابد (۱۶ و ۳۰). از طرف دیگر، ریزش برگ‌ها برای دفع نمک باعث کاهش اندام هوایی می‌شود (۳۰).

تعداد شاخه‌ها در نعنای یک مکانسیم مقاومت و جلوگیری از هدررفت آب است.

قطر ساقه، طول میانگره چهارم، تعداد گره و طول گل آذین

قطر ساقه تحت تنش شوری قرار نگرفت اما اثر شوری بر تعداد گره معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین تعداد گره در تیمار ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و کمترین آن در تیمارهای ۶۰ و ۹۰ میلی‌مولار به دست آمد (شکل ۲-ب). اثر شوری بر طول میانگره چهارم معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش سطح شوری، طول میانگره کاهش یافت (شکل ۲-ج). بین تیمارهای شاهد و ۳۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۲-ج).

اثر شوری بر طول گل آذین معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش سطح شوری، طول سنبله کاهش یافت (شکل ۲-د). بیشترین طول گل آذین در تیمارهای شاهد و ۳۰ میلی‌مولار و کمترین آن در تیمار ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به دست آمد (شکل ۲-د). شوری بر قطر ساقه ذرت علوفه‌ای اثر معنی‌دار نداشت (۲۳) اما در ریحان (۸) و آگاستاکه (۱۰) باعث کاهش قطر ساقه شد (۸). همچنین، شوری باعث کاهش قطر ساقه در گیاه آمارانتوس گردید (۲۱). تنش شوری در گیاه دارویی آگاستاکه باعث کاهش فواصل میانگره‌ها شد (۱۰). کاهش پارامترهای رشدی (قطر ساقه، فواصل میانگره، طول گل آذین، تعداد گره) در نعنای تحت تنش شوری حتی در تیمارهای کلرید سدیم کم، گلیکوفیت بودن نعنای سبز را نشان می‌دهد (۱۰).

نتیجه‌گیری

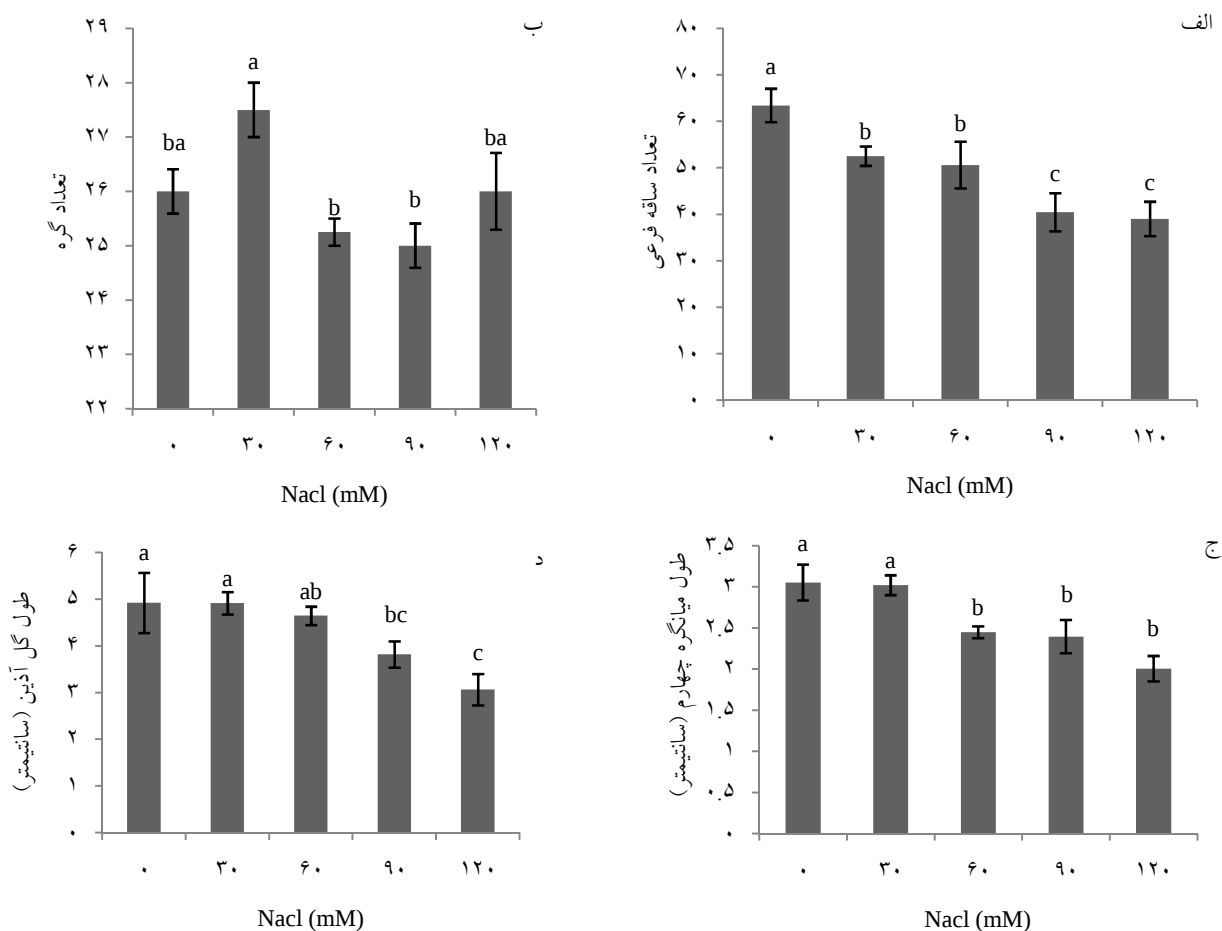
اثر شوری بر ارتفاع، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ، تعداد شاخه فرعی، طول میانگره، طول سنبله و تعداد گره در نعنای سبز معنی‌دار شد و باعث کاهش این صفات گردید. شوری بر قطر ساقه، وزن ویژه برگ، نسبت وزن تر

خشک برگ، ساقه و ریشه کاهش یافت (شکل ۱-د). بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به دست آمد (شکل ۱-د). بین تیمارهای ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار و همچنین تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در وزن خشک ساقه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱-د). بین سطوح ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری در وزن خشک ریشه اختلافی مشاهده نشد (شکل ۱-د).

در اثر شوری، وزن ویژه برگ تحت تأثیر قرار نگرفت (جدول ۱). در شرایط تنش، افزایش وزن ویژه برگ، توانایی گیاه را برای حفظ و نگهداری آب افزایش می‌دهد (۳). تنش شوری موجب کاهش وزن خشک اندام هوایی در گیاه کوشیا (۲۲)، وزن خشک گیاه شوید (۲۴)، وزن خشک ریشه و ساقه بابونه شیرازی (۲۵) و زیره سبز و سنبل‌الطیب (۱۴)، وزن خشک گیاه بادرنشویه (۱۱)، وزن خشک ریشه و اندام هوایی نخود (۱۳) و گیاه آمارانتوس (۲۱)، وزن خشک سیاه‌دانه (۱۹)، وزن خشک بخش هوایی و ریشه ذرت علوفه‌ای (۲۳) و وزن خشک برگ و ساقه آگاستاکه (۱۰) گردید.

تعداد شاخه اصلی و فرعی

اثر شوری بر تعداد شاخه اصلی معنی‌دار نشد (جدول ۱). اما تأثیر شوری بر تعداد شاخه فرعی معنی‌دار گردید (جدول ۱). با افزایش سطح کلرید سدیم، از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته شد (شکل ۲-الف). بیشترین تعداد شاخه فرعی در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمارهای ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار شوری به دست آمد (شکل ۲-الف). اما بین سطوح ۳۰ و ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار اختلافی مشاهده نگردید (شکل ۲-الف). شوری باعث کاهش تعداد ساقه جانبی در گیاه آگاستاکه (۱۰)، یازده ژنوتیپ نخود (۱۳) و ریحان (۸) گردید. در شرایط کمبود آب (تنش خشکی) که در تنش شوری رخ می‌دهد، افزایش تعداد شاخه‌ها می‌تواند باعث افزایش سطوح تعرق‌کننده و هدررفت آب شود (۵ و ۳۲). بنابراین، کاهش



شکل ۲. اثر سطوح مختلف کلرید سدیم بر الف: تعداد ساقه فرعی، ب: تعداد گره، ج: طول میانگره چهارم و د: طول گل آذین در نعناع سبز. بارها نشان‌دهنده خطای استاندارد ($\pm SE$) می‌باشند.

وزن اندام هوایی در گیاه نعناع در تنش شوری به دلیل کاهش فتوسنتز گیاه می‌باشد (۵ و ۳۸). کاهش ارتفاع در گیاه نعناع سبز در نتیجه کاهش طول میانگره تحت تنش شوری رخ داد. در سطوح شوری بیشتر از ۳۰ میلی‌مولار، سوختگی، کلروزه شدن برگ‌ها و ریزش آنها مشاهده شد. این علائم و کاهش صفات فوق نشان می‌دهد که نعناع سبز گیاهی حساس به شوری است و نمی‌تواند شوری بیش از ۳۰ میلی‌مولار را تحمل کند.

برگ به ریشه، وزن تر اندام هوایی به ریشه و تعداد شاخه اصلی این گیاه تأثیری نداشت. با توجه به اینکه نعناع گیاهی برگری است افزایش تعداد شاخه فرعی می‌تواند باعث افزایش میزان برگ در این گیاه شود. اما نعناع سبز برای مقابله با تنش تعداد شاخه فرعی را کاهش داده و در نتیجه سطح برگ نیز کاهش یافته است.

افزایش سطح شوری در محیط ریشه گیاهان باعث کاهش رشد شده و منجر به کاهش وزن اندام رویشی می‌گردد. کاهش

منابع مورد استفاده

۱. آذری، آ.، س. ع. م. مدرس ثانوی، ح. عسکری، ف. قناتی، ا. م. ناجی و ب. علیزاده. ۱۳۹۱. اثر تنش شوری بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه کلزا و شلغم روغنی (*Brassica napus* and *B. rapa*). علوم زراعی ایران ۱۴(۲): ۱۲۱-۱۳۵.
۲. ارچنگی، آ.، م. خدامباشی و ع. محمدخانی. ۱۳۹۱. تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum gracum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۰(۳): ۳۳-۴۴.
۳. اکبری قوژدی، ا.، ع. ایزدی دربندی، ا. برزوئی و ع. مجدآبادی. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۴(۱): ۷۱-۸۲.
۴. اورعی، م.، س. ج. طباطبائی، ا. فلاحی و ع. ایمانی. ۱۳۸۸. اثرات تنش شوری و پایه بر رشد، شدت فتوستتیز، غلظت عناصر غذایی و سدیم درخت بادام. نشریه علوم باغبانی ۲۳(۲): ۱۳۱-۱۴۰.
۵. بابایی، ک.، م. امینی دهقی، ع. مدرس ثانوی و ر. جباری. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و شیمیایی گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*). نشریه زراعت ۷۱: ۷۹-۸۶.
۶. تیموری، ع. و م. جعفری. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش شوری بر روی برخی خصوصیات مورفولوژی و آناتومی سه گونه سالسولا (*Salsola rigida* S.C.G mel, *Salsola richteri* Moq, *Salsola dendroides* Pall) فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران ۱۷(۱): ۲۱-۳۴.
۷. ثابت تیموری، م.، ح. خزاعی، م. نصیری محلاتی و ا. نظامی. ۱۳۸۸. تأثیر سطوح مختلف شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد تک بوته، خصوصیات مورفولوژیک و میزان کلروفیل برگ گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.). تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی ۲(۲): ۱۱۹-۱۳۰.
۸. حسنی، ع. و ر. امید بیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی از خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. دانش کشاورزی ۱۲(۳): ۴۷-۵۹.
۹. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ۱۹۹ صفحه.
۱۰. خرسندی، ا.، ع. حسنی، ف. سفیدکن، ح. شیرزاد و ع. خرسندی. ۱۳۸۹. اثر تنش شوری ناشی از کلرور سدیم بر رشد، عملکرد و میزان و ترکیب‌های اسانس *Agastache feoniculum* kunts. فصل‌نامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۶(۳): ۴۳۸-۴۵۱.
۱۱. دوازده امامی، س.، م. ر. جهانسوز، د. مظاهری و ف. سفیدکن. ۱۳۸۹. اثر شوری آب آبیاری بر جوانه‌زنی، سبز شدن، عملکرد بیولوژیکی و کمیت و کیفیت اسانس بادرشوبیه (*Dracocephalum moldavica* L.). فن‌آوری تولیدات گیاهی ۲(۱): ۲۳-۲۵.
۱۲. رحیم ملک، م.، م. خرمی، ش. غریبی، ح. زینلی بادی و م. طالبی. ۱۳۹۱. بررسی تنوع ژنتیکی برخی از نمونه‌های جمعیتی *Mentha spicata* و روابط آن با دو گونه *M. longifolia* و *M. piperata* با استفاده از نشانگرهای ISSR و مورفولوژیک. علوم و فنون باغبانی ایران ۱۳(۱): ۱۱۵-۱۲۶.
۱۳. زارع مهرجردی، م.، ج. نباتی، ع. معصومی، ع. باقری و م. کافی. ۱۳۹۰. بررسی تحمل به شوری ریشه و شاخساره یازده ژنوتیپ نخود متحمل و حساس به خشکی در شرایط هیدروپونیک. پژوهش‌های حبوبات ایران ۲(۲): ۸۳-۹۶.
۱۴. سلامی، م.، ع. صفرنژاد و ح. حمیدی. ۱۳۸۵. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و سنبل الطیب (*Valeriana officinalis*). پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۷۲: ۷۷-۸۳.

۱۵. صفرنژاد، ع.، و. علی صدر و ح. حمیدی. ۱۳۸۶. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*). فصل‌نامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران ۱۵(۱): ۷۵-۸۴.
۱۶. صفرنژاد، ع. و ح. حمیدی. ۱۳۸۷. بررسی ویژگی‌های مورفولوژی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تنش شوری. دو فصل‌نامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران ۱۶(۱): ۱۲۵-۱۴۰.
۱۷. طبائی عقدائی، س. ر.، م. ب. رضایی و ا. نجفی آشتیانی. ۱۳۸۲. بررسی تنوع در ژنوتیپ‌های سه گونه نعنای (*M. spicata* L. و *M. acuatica* L. *Mentha piperita* L.) در واکنش به شوری. فصل‌نامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۱۹(۴): ۳۴۹-۳۶۶.
۱۸. طباطبایی، م. ۱۳۶۵. گیاه‌شناسی کاربردی برای کشاورزی و منابع طبیعی. انتشارات فوق برنامه بخش فرهنگی دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی تهران، ۱۱۸۴ صفحه.
۱۹. قربانلی، م.، ن. ادیب هاشمی و م. پیوندی. ۱۳۸۹. بررسی اثر شوری و اسید آسکوربیک بر برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی در گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.). فصل‌نامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران ۲۶(۳): ۳۷۰-۳۸۸.
۲۰. کافی، م. و ع. دامغانی. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۶۷ صفحه.
۲۱. کمالی، م.، م. شور، ی. سلاح‌ورزی، م. گلدانی و ع. تهرانی‌فر. ۱۳۹۱. تأثیر غنی‌سازی با دی‌اکسید کربن بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه آمارانتوس زینتی (*Amaranthus tricolor* L.) در شرایط تنش شوری. نشریه علوم باغبانی ۲۶(۲): ۱۷۸-۱۸۸.
۲۲. مرتضایی‌نژاد، ف.، ر. خاوری‌نژاد و م. امامی. ۱۳۸۵. بررسی برخی پارامترهای عملکرد و میزان پرولین ارقام برنج در شرایط تنش شوری. دانش نوین کشاورزی ۴(۲): ۶۶-۷۰.
۲۳. نباتی، ج.، م. کافی، ا. نظامی، پ. رضوانی مقدم، ع. معصومی و م. زارع مهرجردی. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر تنش شوری در مراحل مختلف رشدی بر خصوصیات کمی و کیفی علوفه کوشیا. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۵(۲): ۱۱۱-۱۲۸.
۲۴. نجفی، ن. و ا. سرهنگ زاده. ۱۳۹۱. اثر شوری کلرید سدیم و غرقاب شدن خاک بر ویژگی‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۰(۳): ۱-۱۴.
۲۵. نورانی آزاد، ح. و م. حاجی باقری. ۱۳۸۷. تأثیر تنش شوری بر روی برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.). دانش نوین کشاورزی ۱۲(۴): ۹۳-۱۰۰.
۲۶. نوری، ک.، ح. امید، ح. نقدی بادی، ح. ترابی و م. ح. فتوکیان. ۱۳۹۱. تأثیر شوری آب و خاک بر عملکرد گل، ترکیبات محلول، محتوی عناصر شوری و کیفیت اسانس بابونه شیرازی (*Matricaria recutita* L.). پژوهش آب در کشاورزی ۲۶(۴): ۳۶۸-۳۷۸.
۲۷. هاشمی دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنیان‌اول. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۷۸ صفحه.
28. Bohnert, H.J. and R.G. Jensen. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance- the next step. Aust. J. Plant Physiol. 23: 661-667.
29. Epstein, E. and D.W. Rains. 1987. Advances in salt tolerance. Plant Soil 99: 17-29.
30. Hunt, R.H. 1990. Plant Growth Analysis. Unwin-Hyman, London, 112 p.
31. Gorham, J. 1996. Mechanisms of salt tolerance of halophytes. PP. 30-53. In: Allah, R.C., C.V. Nalcolm and A. Aamdy (Eds.), Halophytes Ecologic Agriculture, Marcel Dekker, Inc.
32. Kerepesi, H. and G. Galiba. 2000. Osmotic and salt stress-induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Sci. 40: 482-487.
33. Keim, D.L. and W.E. Kronstad. 1981. Drought response of winter wheat cultivars grown under field stress

- conditions. Crop Sci. 21: 11-14.
34. Munns, R. and A. Termaat. 1986. Whole plant response to salinity. Aust. J. Plant Physiol. 13: 143-160.
 35. Munns, R. and D.P. Schachtman. 1993. Plant responses to salinity: Significance in relation to time. Int. Crop Sci. 1: 741-745.
 36. Munns, R., R.A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57(5): 1025-1043.
 37. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 59: 651-681.
 38. Nekozad, M. 2009. Effects of salinity on antioxidant enzymes in Shirazian babooneh. MSc. Thesis, Payam-e-Noor University of Tehran. (In Persian).
 39. Pessarakli, M., K.B. Marcum and D.M. Kopec. 2001. Growth responses of desert saltgrass under salt stress. Turfgrass and Ornamental Research Report, College of Agriculture, University of Arizona.
 40. Prasad, A., M. Anwar, D.D. Patra and D.V. Singh. 1996. Tolerance of mint plants to soil salinity. J. Indian Soc. Soil Sci. 44(1): 184-186.
 41. Udagawa, Y., T. Ito, F. Tognoni, A. Nukaya and T. Maruo. 1995. Some responses of dill *Anethum graveolens* and *Thymus vulgaris*, grown in hydroponics to the concentration of nutrient solution. Acta Hort. 396: 203-210.
 42. Volkmar, K.M., Y. Hu and H. Steppuhn. 1998. Physiological responses of plants to salinity: A review. Can. J. Plant Sci. 78: 19-27