

تأثیر آب شور بر ویژگی‌های فیزیولوژیک شنبلیله در کشت هیدروپونیک

محبوبه ناصری^{۱*}، حسین آروئی، محمد کافی و حسین نعمتی

دانش آموخته دکتری علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد.

Mahboobeh_naseri@yahoo.com

دانشیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Aroiee@ferdowsi.um.ac.ir

استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

M.kafi@ferdowsi.um.ac.ir

استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

Nematish@yahoo.com

چکیده

تنش شوری یکی از تنش‌های غیر زیستی مهم است که باعث کاهش رشد گیاهان می‌شود. به منظور بررسی اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک گیاه سبزی دارویی شنبلیله آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. در این طرح تیمارهای آزمایشی شامل ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آب آبیاری به صورت کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار اعمال گردید. اثر سطوح مختلف شوری بر وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک میوه، شاخص کلروفیل و نسبت کلروفیل a/b معنی‌دار ($P < 0.05$) بود. بر اساس نتایج آزمایش آب شور بر صفات فیزیولوژیکی گیاه شنبلیله اثر منفی گذاشت بطوریکه شوری در غلظت‌های ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آب آبیاری به ترتیب باعث کاهش ۳۷٪، ۵۰٪ و ۵۳ درصد زیست توده اندام هوایی، ۸٪، ۳۴٪ و ۴۵ درصد زیست توده میوه، ۱٪، ۲٪ و ۱۶ درصد شاخص کلروفیل و ۴۰٪، ۲۷ و درصد کلروفیل a/b شد.

واژه‌های کلیدی: شوری آب آبیاری، درصد رطوبت نسبی برگ، کلروفیل a و b، نشت الکترولیت.

۱- آدرس نویسنده مسئول: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز.

* - دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۲ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۴.

مقدمه

شنبلیله یک گیاه خودگردانه‌افشان از تیره نخود است که بومی شبه قاره هندوستان و منطقه مدیترانه شرقی بوده و برای اهداف متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد. بذر-های این گیاه کاربردهای دارویی داشته و در هندوستان از بذره‌های آن به عنوان ادویه نیز استفاده می‌شود. برگ‌های آن نیز به‌طور رایج برای مصرف سبزی مورد استفاده قرار می‌گیرد (باسو و سریکامروئن، ۲۰۱۰). این گیاه در درمان بسیاری از بیماری‌ها از جمله نقرس، دیابت، سل و زخم معده موثر بوده و با توجه به درصد بالای آهن در آن مورد استفاده بیماران خونی قرار می‌گیرد (ارچنگی و همکاران، ۱۳۹۱).

رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا توسط تنش‌های محیطی زنده و غیر زنده متعدد محدود می‌گردد. در بین تنش‌های غیر زنده وارده به گیاهان، تنش‌های کمبود آب، شوری و دما در سطح گسترده می‌باشند. شور شدن آب و خاک یکی از مهمترین عوامل محیطی محدود کننده برای تولید محصول به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. وسعت و پراکنش خاک‌های شور در کشور ایران گسترده است. در ایران وسعت اراضی شور حدود ۴۴/۵ میلیون هکتار برآورد گردیده که به درجات مختلف دچار مشکل شوری و قلیائیت هستند (بنایی و همکاران، ۱۳۸۳).

تأثیر شوری بر گیاهان از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. شوری بر خصوصیات فیزیولوژی، مورفولوژی، آناتومی، ترکیبات شیمیایی، میزان آب بافت گیاهان مؤثر می‌باشد. خسارت شوری در گیاهان از طریق اثر اسمزی، اثر سمیت ویژه یونها و اختلال در جذب عناصر غذایی می‌باشد. در آغاز پیشرفت تنش شوری در درون گیاه، تمامی فرآیندهای عمده از قبیل فتوسنتز، سنتز پروتئین و متابولیسم چربی و انرژی تحت تأثیر واقع می‌شوند. اثرات منفی شوری بر رشد گیاه می‌تواند نتیجه کاهش پتانسیل

اسمزی محیط ریشه، سمیت ویژه یونی و کمبود یون‌های غذایی باشد. زیدان و الو (۱۹۹۴) کاهش ماده خشک، کربوهیدرات و پروتئین را تحت نمک کلرید سدیم (NaCl) بیش از ۱۲۰ مول بر متر مکعب در مرحله گیاهچه در زیره سبز گزارش نمودند. سینگ (۱۹۹۴) در بررسی تأثیر شوری بر گیاه کاهش ارتفاع گیاه و مساحت سطح برگ‌ها را گزارش نمود. کلروفیل‌های برگ در شرایط تنش شوری آسیب دیده که باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد (درازیوکز، ۱۹۹۴). میزان جذب سدیم تابعی از زمان و شدت اعمال شوری است. سدیم ممکن است با عناصر K^+ و Ca^{+2} تداخل نموده و به کمبود این عناصر منتهی شود. در برخی از تحقیقات به اثرات غلظت بالای یون سدیم بر جذب پتاسیم و کلسیم اشاره شده است (گیو و همکاران، ۱۹۹۹).

فرهادی و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر تنش شوری بر صفات هشت توده بومی شنبلیله را در سطوح ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار کلرید سدیم آب آبیاری بررسی کردند. در آزمایش آن‌ها کاربرد کلرید سدیم تا غلظت ۶۰ میلی مولار تأثیری بر صفات مورفولوژیک مورد ارزیابی شنبلیله نداشت، اما با افزایش غلظت شوری این صفات کاهش معنی‌داری نشان داد. در آزمایش آن‌ها آستانه تحمل به شوری در اکثر صفات ۶۰ میلی مولار کلرید سدیم بود. در همین ارتباط ارچنگی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر آب شور را در سطوح ۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی مولار کلرید سدیم بررسی کردند که بر اساس نتایج حاصل از آزمایش آن‌ها آستانه تحمل به آب شور در شنبلیله ۴۰ میلی مولار کلرید سدیم بود.

با در نظر گرفتن اهمیت گیاه شنبلیله به عنوان یک گیاه سبزی دارویی، با توجه به اینکه تنش شوری یکی از مهمترین تنش‌های غیرزیستی است و با توجه به اینکه بیشتر مناطق رشد این گیاه در ایران دارای املاح نمک در آب و خاک زراعی می‌باشد در این تحقیق بررسی عکس‌العمل‌ها و

شدند (صابری و همکاران، ۲۰۰۴). محتوای رطوبت نسبی برگها از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC \% = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad (1)$$

مقدار کلروفیل a و b در نمونه‌های برگ بر مبنای روش طیف‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر محاسبه شد. برای این منظور دو نمونه برگ از برگهای کاملاً توسعه یافته و جوان هر تکرار در پایان مرحله گلدهی تهیه و به سرعت به آزمایشگاه منتقل شدند. از هر نمونه برگ ۵۰ میلی‌گرم گرم توزین شد و در ۱۰ میلی لیتر اتانول ۹۸ درصد قرار داده شدند. نمونه‌ها در سرعت ۱۶۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ و مقدار کلروفیل a در طیف جذبی نانومتر ۶۶۶ و مقدار کلروفیل b در ۶۵۳ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت و براساس میلی‌گرم کلروفیل در گرم برگ تازه محاسبه شدند (معادله ۲ و ۳) (لیچنتالر، ۱۹۸۷).

$$Chl.a (mg ml^{-1}) = 15.65(A_{666}) - 7.340 (A_{653}) \quad (2)$$

$$Chl.b (mg ml^{-1}) = 27.05(A_{653}) - 11.21(A_{666}) \quad (3)$$

A: میزان جذب در طول موج مورد نظر می باشد.

برای تعیین پایداری غشای سیتوپلاسمی از روش اندازه گیری نشت الکترولیت استفاده شد. برای این کار تعداد یک برگ از هر گلدان انتخاب و در ویال‌های حاوی آب دوبار تقطیر شده قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها روی شیکر قرار گرفته و بعد از ۲۴ ساعت نشت الکترولیت‌ها با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شدند (EC_1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها به مدت نیم ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به محیط آزمایشگاه منتقل شده و بعد از رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط، دوباره نشت الکترولیت‌های نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (EC_2). درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از معادله ۴ محاسبه شد (هندری و گریم، ۱۹۹۳).

دستیابی به آستانه تحمل این گیاه نسبت به تنش شوری در دستور کار قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با چهار سطح شوری (شاهد، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ میلی‌مولار) و ۱۰ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد بر روی گیاه سنبلیه توده مشهد انجام شد. آب معمولی شهر با هدایت الکتریکی ۰/۷ دسی‌زیمنس در متر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سطوح شوری با استفاده از کلور سدیم با خلوص ۹۷ درصد اعمال شد. رطوبت نسبی در طول فصل رشد به طور میانگین ۴۰ درصد و میانگین درجه حرارت حداکثر ۲۴ و حداقل ۱۶ درجه سانتی‌گراد حفظ شد. دوره نوری در طول آزمایش به صورت ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی بود. جهت ضدعفونی بذور از محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت دو دقیقه استفاده شد و بلافاصله بعد از آن بذور با آب مقطر شسته شدند سپس بذرها در محیط کشت هیدروپونیک زهکش‌دار حاوی پیت، شن و پرلیت به نسبت ۱:۱:۱ کشت شدند. تعداد گیاهان در هر گلدان سه عدد بود. از مرحله چهار برگی تیمارهای شوری اعمال شدند. تیمارهای شوری به صورت تدریجی (روزانه ۳۰ میلی مولار کلور سدیم) اعمال گردیدند. جهت جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها هفته‌ای یکبار با آب شهری با حجم زیاد (هر گلدان یک لیتر) طوری آبیاری گردیدند که همه نمک‌ها از طریق زهکش گلدان خارج شود. برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی برگها از برگهای جوان توسعه یافته، نمونه‌ای انتخاب شده و بعد از اندازه‌گیری وزن تر (FW)، به مدت ۱۲ ساعت برگها در آب غوطه ور شده سپس وزن تورژسانس (TW) آنها اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، به مدت ۴۸ ساعت در آون ۸۰°C قرار داده

(۴) $(EC_1/EC_2) \times 100 =$ درصد نشت الکترولیت)
 پس از رسیدن میوه‌های شنبلیله یعنی ۱۱۰ روز پس از کاشت گیاهان برداشت شدند. پس از برداشت، گیاهان به آزمایشگاه منتقل شدند و وزن تر و خشک ریشه، اندام هوایی و میوه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. داده‌های حاصله توسط نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل آماری شده، میانگین داده‌ها با آزمون LSD مقایسه و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel و Sigma Plot رسم شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، افزایش غلظت کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک میوه، وزن خشک اندام هوایی، صفات شاخص کلروفیل و نسبت کلروفیل a/b داشت و بر صفات وزن خشک ریشه، محتوای رطوبت نسبی برگ، درصد نشت الکترولیت، مقدار کلروفیل a و کلروفیل b تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).
 نتایج نشان داد که با افزایش شوری وزن خشک بخش هوایی و میوه کاهش یافت (شکل ۱ و ۲). بیشترین ماده خشک بخش هوایی و میوه به ازای تک بوته به ترتیب برابر ۱/۴ و ۰/۹۲ گرم در هر بوته بود که در تیمار شاهد بدست آمد و کمترین ماده خشک صفات فوق به ازای تک-بوته به ترتیب برابر ۰/۶ و ۰/۴۶ گرم در هر بوته بود که در تیمار ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به دست آمد (شکل ۱ و

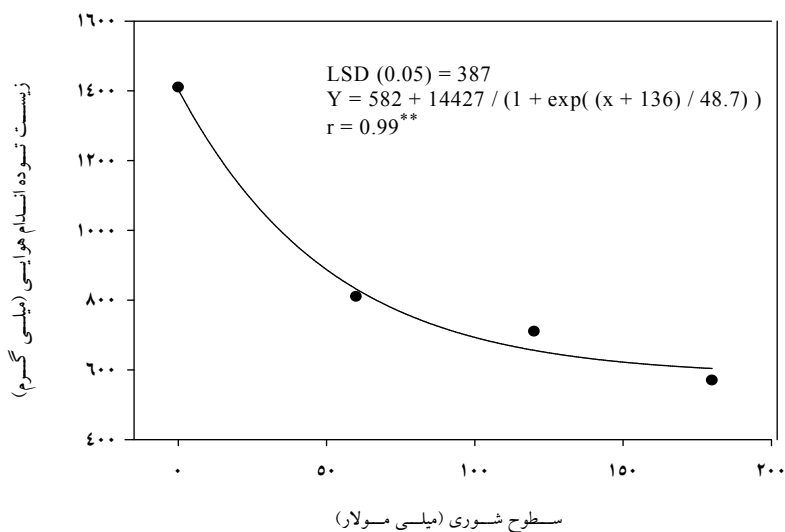
۲). این نتایج با یافته‌های ارچنگی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد که مشاهده کردند کمترین وزن خشک اندام هوایی در غلظت ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آب آبیاری حاصل شد. همچنین فرهادی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که با افزایش سطوح شوری تعداد غلاف در بوته شنبلیله روند کاهشی نشان داد به طوری که این صفت در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۲۷/۳ درصد کاهش نشان داد. بر اساس گزارش ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) کاهش تعداد غلاف در بوته گیاه کلزا ممکن است ناشی از هورمون آبسزیک اسید باشد، زیرا زیاد بودن این هورمون ممکن است سبب مرگ دانه‌های گرده شود پس تعداد گل‌های تلقیح شده و تعداد غلاف را کاهش دهد.

کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه در شرایط تنش شوری همراه با کاهش سطح برگ و فتوسنتز در این شرایط می‌باشد. این کاهش احتمالاً بعثت اثرات زیانبار تنش شوری بر میزان رشد و کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه است که می‌تواند کل ماده خشک گیاه را کاهش دهد. در ضمن بخشی از مواد تولید شده جهت تأمین شرایط اسمزی مورد نیاز گیاه استفاده می‌شود. غلظت زیاد نمک رشد ریشه را کند و یا متوقف نموده و تکامل گیاه را به تأخیر می‌اندازد. کاهش رشد اندام هوایی در شرایط شوری ممکن است بعثت تجمع زیاد یون Na^+ در گیاه و در نتیجه آن کاهش فرآیندهای آنزیمی و سنتز پروتئین باشد (تستر و داون پورت، ۲۰۰۳).

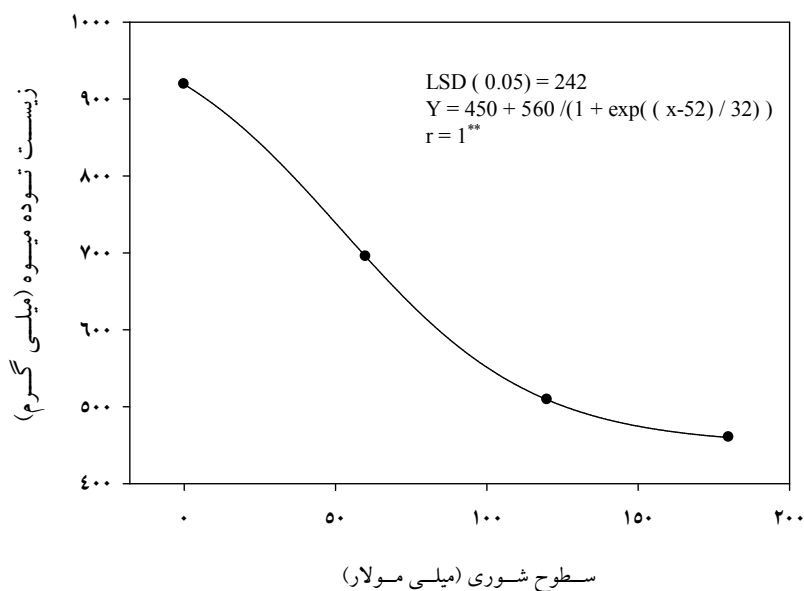
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک شنبلیله در شرایط تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک میوه	محتوای رطوبت نسبی	درصد نشت الکترولیت	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a/b	شاخص کلروفیل
شوری	۳	۱/۴*	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۴۳*	۵۹ ^{ns}	۲۵۲ ^{ns}	۲/۸ ^{ns}	۳ ^{ns}	۰/۴**	۱۹۸**
خطا	۳۶	۰/۳۷	۰/۱۸	۰/۱۴	۴۹/۶	۱۴۸/۸	۱/۹۲	۱/۱۶۳	۰/۱۲۵	۳۳/۵

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۱



شکل ۱- وزن خشک اندام هوایی شنبلیله در سطوح مختلف شوری



شکل ۲- وزن خشک میوه شنبلیله در سطوح مختلف شوری

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح شوری بر صفات شنبلیله

شاخص کلروفیل	نشت الکترولیت (%)	محتوای رطوبت نسبی (%)	کلروفیل a/b	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم)	سطوح شوری (میلی مولار)
۵۸/۳ a	۳۲/۵۱b	۶۳/۶۷ a	۱/۵۱ a	۳/۹۵ a	۵/۴۶ a	۰
۵۷/۵۳ a	۳۸/۶۷ ab	۶۳/۵ a	۱/۵ a	۳/۵۱ ab	۵/۰ a	۶۰
۵۷/۰۴ a	۳۷/۷۸ ab	۵۹/۹۲ a	۱/۴۵ a	۴/۱۱ a	۵/۱۴ a	۱۲۰
۴۸/۷۵ b	۴۴/۷۵ a	۵۸/۹۶ a	۱/۰۹ b	۲/۸۹ b	۴/۲۱ a	۱۸۰

اعداد دارای حروف یکسان در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) ندارند.

البته قابل ذکر است که بررسی صفات مورفولوژیک در کنار صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی که در ایجاد مقاومت به تنش شوری موثر می‌باشند، معیار مناسبی برای تعیین تحمل به شوری گیاهان می‌باشد در همین راستا در گیاه شنبلیله تنش شوری بر صفات فیزیولوژی و مورفولوژی مورد بررسی تأثیر داشت، بطوریکه با افزایش غلظت شوری آب آبیاری تا ۶۰ میلی‌مولار وزن خشک زیست توده ۴۰ درصد کاهش یافت. همچنین غلظت ۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر زیست توده میوه نداشت ولی با افزایش غلظت به ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم موجب کاهش ۲۵ درصد زیست توده میوه شد.

افزایش شوری آب تا غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر نسبت کلروفیل a/b نداشت ولی با افزایش غلظت به ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آب آبیاری کاهش ۲۸ درصدی در این نسبت رخ داد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش آستانه تحمل به شوری در شنبلیله در صفات مختلف متفاوت می‌باشد و آستانه تحمل به شوری آب آبیاری در صفات فیزیولوژیک بالاتر از صفات مورفولوژیک مانند زیست توده بود، بطوریکه افزایش شوری آب حتی در غلظت پایین موجب کاهش زیست توده اندام هوایی شد. با این حال در خصوص تحمل گیاه شنبلیله به شوری آب آبیاری مطالعات تکمیلی در شرایط آزمایشگاه و مزرعه پیشنهاد می‌شود.

نسبت کلروفیل a/b تحت تأثیر تیمارهای شوری آب آبیاری قرار گرفت و با افزایش شوری این نسبت کاهش یافت (جدول ۲). شاخص کلروفیل برگ با افزایش غلظت کلرید سدیم کاهش یافت. بیشترین محتوای کلروفیل نسبی در تیمار شاهد (۵۸/۲) و کمترین آن در تیمار ۱۸۰ میلی‌مولار کلرید سدیم آب آبیاری بود (جدول ۲). در اثر تنش شوری، آبسزیک اسید تولید می‌شود که باعث کاهش فشار تورژسانس در سلولهای نگهبان روزنه شده و با بسته شدن روزنه‌ها، قابلیت دسترسی به CO₂ و در نتیجه آن، فتوسنتز کاهش می‌یابد (تسوجان و همکاران، ۱۹۹۹). تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اسید آبسزیک و اتیلن می‌شود که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیل‌لاز و پراکسیداز هستند و بدین ترتیب کلروفیل‌های گیاه تجزیه می‌شوند (باسو و سریکامروئن، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق مشخص شد که با افزایش غلظت شوری وزن ماده خشک اندام هوایی، میوه و شاخص کلروفیل برگ شنبلیله کاهش یافت. تحمل به شوری تابعی از فعالیت یک اندام یا یک صفت گیاهی نیست، بلکه برآیندی از بیشتر صفات مهم گیاهی است. بنابراین گیاهی که در بیشتر صفات مرتبط با تحمل به شوری برتری نشان می‌دهد می‌تواند در شرایط تنش مناسب باشد.

فهرست منابع

۱. بنایی، م.، ح. ع. مومنی، م. بای بوردی و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. خاک‌های ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری موسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا، ۵۰۰ صفحه.
۲. فرهادی، ح.، عزیزی، م. و نعمتی، ح. ۱۳۹۳. بررسی اثرات تنش شوری بر صفات مرتبط با عملکرد در هشت توده بومی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum L*) نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۲ (۴): ۸۷۰-

3. Basu, T. K. and Srichamroen, A. 2010 . Health Benefits of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum leguminosae*). Bioactive Foods in Promoting Health: Fruits and Vegetables, Chapter 28: 425-426.
4. Drazkiewicz, M. 1994. Chlorophyllase: Occurrence, functions, mechanisms of action, effects of external and internal factors, Photosynth. Res. 30:321-331.
5. Guo, F. O., Tang, Z. C. 1999. Reduced Na⁺ and K⁺ permeability of K⁺ channel in plasma membrane isolated from roots of salt tolerant mutant of wheat. Chin. Sci. Bull, 44: 816-821.
6. Hendry, G. A. F., Grime, J. P. 1993. Methods in Comparative Plant Ecology. Chapman and Hall, London, 252 p.
7. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Method enzymol, 148: 350-382.
8. Saberi, M. H., Rashed Mohassel, M. H., Kafi, M. 2004. Effects of Salinity on growth indices and Cation accumulation of eight wheat cultivars (*Triticum aestivum*). Field Crop Res, 1: 71-80.
9. Singh, B.R., Singh, D.P. 1994. Effect of moisture stress on morphological parameters and productivity of poaceous crop. *Agro Botanical*. Publishers India, Bikaner, P.241-246.
10. Tester, M., Davenport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Ann Bot, 91: 503-527.
11. Tsugane, K., Kobayashi, K., Niwa, Y., Ohba, Y., Wanda, K., Kobayashi, H. 1999. Mutant that grows photoautotrophic any under salt stress shows enhanced active oxygen detoxification. Plant cell, 11: 1195 – 1206.
12. Zhang, H. X., J. N. Hudson, J. P. Williams, and E. Blumwald. 2004. Engineering salt tolerance Brassica plants: characterization of yield and seed oil quality in transgenic plants with increased vacuolar sodium accumulation. Proceeding of National Academy of Science of the United States of America, 98: 12832-12836.
13. Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., Yu, J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). Plant Sci, 167: 527-533.
14. Zidan, M.A., Elewa, M.A. 1994. Effect of NaCl salinity on the rate of germination, seedling growth and some metabolic changes in four plant species. Tropen landwirt, 95: 87-97.