# تأثیر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum gracum*) تحت شرایط کشت هیدروپونیک

آذین ارچنگی*، محمود خدامباشی و عبدالرحمان محمدخانی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۱)

## چکیده

**با توجه به روند افزایشی توسعه اراضی شور و کمبود اراضی زراعی مطلوب برای کشاورزی، شناسایی گیاهان مقاوم به شوری از جمله شنبلیله، که یکی از گیاهان مهم دارویی محسوب می‌شود، از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی سه توده شیرازی، هندی و یزدی گیاه شنبلیله با پنج سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار) و ۳ تکرار به صورت هیدروپونیک در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. نتایج حاصل حاکی از کاهش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ با افزایش غلظت شوری بود. هم‌چنین با افزایش سطح شوری، میزان یون سدیم در اندام هوایی گیاه افزایش یافت، در صورتی که میزان یون‌های $Ca^{2+}$ و $K^{+}$ و نسبت‌های $Ca^{2+}/Na^{+}$ و $K^{+}/Na^{+}$ در اندام هوایی کاهش نشان دادند. توده یزدی دارای بیشترین مقدار ارتفاع بوته (۲۰/۱ سانتی‌متر)، وزن خشک اندام هوایی (۱/۹۴ گرم در بوته) و تعداد برگ (۱۳/۴ عدد در بوته) بود. حال آن که بیشترین میانگین یون‌های $Ca^{2+}$ و $K^{+}$ و هم‌چنین نسبت‌های $Ca^{2+}/Na^{+}$ و $K^{+}/Na^{+}$ به توده شیرازی تعلق گرفت. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد بتوان از توده شیرازی به عنوان توده حاوی ژن‌های مقاومت به شوری برای اصلاح ارقامی با پتانسیل عملکرد زیاد استفاده کرد.**

**واژه‌های کلیدی: مقاومت به شوری، تجمع یونی، نسبت پتاسیم به سدیم، نسبت کلسیم به سدیم**

## مقدمه

شنبلیله (*Trigonella foenum graecum* L.) از خانواده *Fabaceae* گیاهی علفی و یکساله است که به عنوان گیاه دارویی و هم‌چنین به صورت سبزی تازه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ایران حدود ۵۸ گونه آن شناخته شده است. این گیاه در درمان بسیاری از بیماری‌ها از جمله دیابت، نقرس، سل و زخم معده مؤثر بوده و با توجه به درصد بالای آهن در آن، مورد استفاده بیماران خونی قرار می‌گیرد. از ترکیبات شیمیایی شنبلیله می‌توان استروئیدها، آلکلوئیدهای تریگونلین، ریبوفلاوین، تریگوکومازین، اسید نیکوتینیک، پروتئین، هیدرات کربن، ویتامین‌های C، A، $B_{12}$، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و اسیدهای آمینه مهمی چون پرولین و گلایسین و هم‌چنین بسیاری از عناصر معدنی از جمله کلسیم، آهن، سدیم و پتاسیم را نام برد (۶). در بسیاری از کشورها این گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک، جایی که غلظت زیاد نمک از خصوصیات حائز اهمیت خاک می‌باشد و بر جوانه زنی بذرها تأثیر می‌گذارد، رشد می‌کند (۱۴). در کشور ما، تولید

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: azin_archangi84@yahoo.com

محصولات زراعی اغلب تحت تأثیر تنش‌های محیطی انجام می‌شود و بجز نوار شمالی کشور در بقیه نقاط آن معمولاً تنش‌های خشکی، شوری، گرما و سرما وجود دارد (۱). شوری کلرید سدیم بر روند انتقال آب و یون‌ها در گیاهان تأثیر می‌گذارد، به طوری که ممکن است تعادل یونی و وضعیت مواد غذایی را در گیاه تغییر دهد (۱۱).

گیاهان با سه مکانیسم مختلف از اثرهای اولیه تنش شوری می‌گریزند: کنترل جذب یونی، حذف یا ترشح نمک و رقیق کردن نمک (۴). سانتا ماریا و اپستین (۱۶) اعلام داشتند که توانایی گیاهان برای مقابله با سطوح بالای شوری به روش و درجه‌ای از آن روش بستگی دارد که آنها بتوانند روابط آب خودشان را تنظیم کنند و هم‌چنین بستگی به این دارد که چگونه آنها با غلظت داخلی نمک مقابله یا از آن اجتناب کنند. کایا و همکاران (۱۳) اظهار داشتند که شوری، رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک و عملکرد گیاه می‌شود. در یک آزمایش گلخانه‌ای، اثر تنش شوری روی رشد و میزان انباشت یون‌ها در گیاه دارویی زنیان مطالعه شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری باعث کاهش معنی‌داری در وزن تر و خشک ریشه و ساقه، میزان کلسیم و پتاسیم و افزایش میزان سدیم در اندام هوایی و ریشه گردید (۸). در آزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی پارامترهای فیزیولوژیک گیاه مرزه انجام گرفت، نجفی و همکاران (۱۵) گزارش کردند که با افزایش شوری، پارامترهای رشد و سرعت فتوسنتز کاهش پیدا کرد. نجفی و میرمعصومی (۵) برای بررسی عکس‌العمل فیزیولوژیک سویا در شرایط تنش شوری، آزمایشی در شرایط گلخانه و با استفاده از کشت هیدروپونیک انجام دادند. آنها مشاهده نمودند که با افزایش غلظت نمک، وزن خشک گیاه، سطح برگ و میزان کلروفیل آن کاهش معنی‌داری داشت. هم‌چنین افزایش غلظت نمک باعث کاهش جذب یون پتاسیم و افزایش تجمع یون‌های سدیم، نیتروژن و فسفر در برگ‌ها گردید.

شنبلیله گیاهی است که در خاک‌های شیرین بهترین رشد را داشته اما در خاک‌های با شوری متوسط نیز قابلیت رشد دارد (۶). بسیاری از مناطق کشت این گیاه در ایران دارای املاح نمک در آب و خاک زراعی می‌باشند. بنابراین انتخاب رقمی از این گیاه با سازگاری بیشتر در ارتباط با آب و خاک دارای املاح شور از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر آب شور بر رشد رویشی و میزان انباشت یون‌های سدیم، پتاسیم و کلسیم در توده‌های بومی گیاه شنبلیله بود.

## مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش شوری بر رشد شنبلیله، بذرهای سه توده بومی از این گیاه شامل هندی، یزدی و شیرازی برای کشت استفاده گردید. این پژوهش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در محیط کشت هیدروپونیک در مجتمع گلخانه‌های تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۸۹ انجام شد. ابتدا بذرهای مورد استفاده در بستری مرکب از یک‌سوم خاک، یک-سوم ماسه و یک‌سوم خاک برگ کشت گردید. پس از جوانه-زنی و ظهور گیاهچه، بین مرحله دو تا چهار برگی، از هر توده گیاهچه‌های یک اندازه و مشابه از نظر شرایط رویشی انتخاب و پس از شستشوی ریشه‌ها با آب، گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک منتقل گردیدند. در محیط هیدروپونیک، محلول غذایی هوگلند استفاده گردید. در تمام تیمارها برای هر تکرار تعداد ۱۰ گیاهچه به محیط هیدروپونیک انتقال یافت. یک هفته پس از انتقال نشاها به محیط هیدروپونیک، سطوح شوری صفر (شاهد)، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار کلرید سدیم اعمال گردید. اعمال تیمارها به طور تدریجی و با اضافه کردن روزانه ۴۰ میلی‌مولار نمک NaCl انجام شد. پس از پایان آزمایش، یعنی سه هفته پس از اعمال تیمارهای شوری، گیاهچه‌ها از محیط کشت خارج و صفات ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزرن خشک ریشه و تعداد برگ و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و کلسیم در اندام هوایی اندازه‌گیری شد.

**جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک توده‌های شنبلیله در تیمارهای مختلف شوری**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ارتفاع بوته | طول ریشه | تعداد برگ در بوته | وزن خشک اندام هوایی | وزن خشک ریشه |
| بلوک | ۲ | ۳/۳۱$^{ns}$ | ۸/۹۲$^{ns}$ | ۴/۹۳$^{ns}$ | ۰/۰۲۹$^{ns}$ | ۰/۰۲* |
| توده | ۲ | ۱۱۹/۳۹** | ۸/۰۰$^{ns}$ | ۵۵/۴۳** | ۱/۵۰** | ۰/۱۲** |
| شوری | ۴ | ۱۸۴/۵۰** | ۸۰/۷۲** | ۹۵/۵۳** | ۰/۸۷** | ۰/۱۱** |
| توده × شوری | ۸ | ۴/۸۱$^{ns}$ | ۵/۰۷$^{ns}$ | ۱/۵۷$^{ns}$ | ۰/۰۳$^{ns}$ | ۰/۰۱$^{ns}$ |
| خطا | ۲۸ | ۴/۷۶ | ۹/۵۲ | ۱/۹۱ | ۰/۰۷ | ۰/۰۰۴ |

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

**جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک توده‌های شنبلیله در چهار سطح شوری**

| منابع آزمایشی | ارتفاع بوته (cm) | طول ریشه (cm) | تعداد برگ | وزن تر اندام هوایی (g) | وزن خشک اندام هوایی (g) | وزن خشک ریشه (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **شوری (میلی‌مولار)** | | | | | | |
| ۰ | ۲۱/۵۴a | ۲۲/۱۰a | ۱۴/۶۵a | ۱۸/۷۷a | ۱/۸۹ab | ۰/۴۷a |
| ۴۰ | ۲۱/۹۲a | ۲۲/۴۱a | ۱۴/۷۴a | ۱۸/۷۷a | ۱/۹۳a | ۰/۴۵a |
| ۸۰ | ۱۸/۲۰b | ۲۱/۲۲a | ۱۲/۱۲b | ۱۵/۱۱b | ۱/۶۶bc | ۰/۳۳b |
| ۱۲۰ | ۱۴/۴۶c | ۱۷/۸۶b | ۹/۸۷c | ۱۲/۷۷c | ۱/۵۲c | ۰/۲۵c |
| ۱۶۰ | ۱۱/۴۶d | ۱۵/۵۵b | ۷/۱۲d | ۹/۴۴d | ۱/۱۶d | ۰/۲۱c |
| **توده** | | | | | | |
| شیرازی | ۱۴/۵۳c | ۲۰/۴۲a | ۹/۶۲c | ۱۱/۹۳c | ۱/۳۱c | ۰/۴۵a |
| هندی | ۱۷/۸۸b | ۱۹/۰۱a | ۱۲/۰۶b | ۱۵/۶۶b | ۱/۶۵b | ۰/۲۹b |
| یزدی | ۲۰/۱۴a | ۲۰/۰۶a | ۱۳/۴۲a | ۱۷/۳۳a | ۱/۹۴a | ۰/۲۹b |

در هر ستون و برای هر منبع، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ و ۵٪ ندارند.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C مورد تجزیه قرار گرفتند و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD استفاده شد.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تغییرات ارتفاع بوته شنبلیله تحت تأثیر رقم و شوری معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۱) شد، ولی اثر متقابل رقم در شوری معنی‌دار نگردید. از بین توده‌های مورد مطالعه، توده‌های یزدی و شیرازی به ترتیب با میانگین ۲۰/۱۴ و ۱۴/۵۳ سانتی‌متر بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۲). در مقایسه بین سطوح مختلف شوری از لحاظ این صفت، سطوح صفر و ۴۰ میلی‌مولار بیشترین میانگین ارتفاع را به خود اختصاص دادند و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۲). این اختلاف ناچیز و غیر معنی‌دار بین تیمارهای صفر و ۴۰ میلی‌مولار می‌تواند ناشی از خطای آزمایش باشد. به تدریج، با افزایش سطح شوری، میزان این صفت کاهش یافت. به طوری که کمترین میانگین ارتفاع مربوط به سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار به میزان ۱۱/۴۶ سانتی‌متر بود.

**جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک توده‌های شنبلیله در تیمارهای مختلف شوری**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | سدیم | پتاسیم | کلسیم | پتاسیم به سدیم | کلسیم به سدیم |
| بلوک | ۲ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۱/۸۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۷$^{ns}$ | ۲۷/۵۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۵$^{ns}$ |
| توده | ۲ | ۰/۳۷$^{ns}$ | ۳۷/۹۲** | ۰/۰۰۵** | ۲۷/۶۴* | ۰/۰۰۰۱$^{ns}$ |
| شوری | ۴ | ۵۶۳/۲۹** | ۵۰/۴۲** | ۰/۰۰۳** | ۲۳۷۹/۶۲** | ۰/۰۷۸** |
| توده× شوری | ۸ | ۰/۸۴$^{ns}$ | ۵/۰۵** | ۰/۰۰۰۱** | ۷۸/۲۹** | ۰/۰۰۰۰۳$^{ns}$ |
| خطا | ۲۸ | ۲۸/۳۱ | ۱۳/۱۸ | ۰/۰۰۱ | ۱۷/۷۳ | ۰/۰۰۰۲ |

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

در این آزمایش، تغییرات طول ریشه تحت تأثیر رقم قرار نگرفت و بین توده‌های مختلف از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. ولی تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) بین سطوح مختلف شوری وجود داشت (جدول ۱). سطوح ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار با سطح صفر (شاهد) اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشتند و کاربرد ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار نمک موجب کاهش معنی‌دار طول ریشه در مقایسه با شاهد شد (جدول ۲).

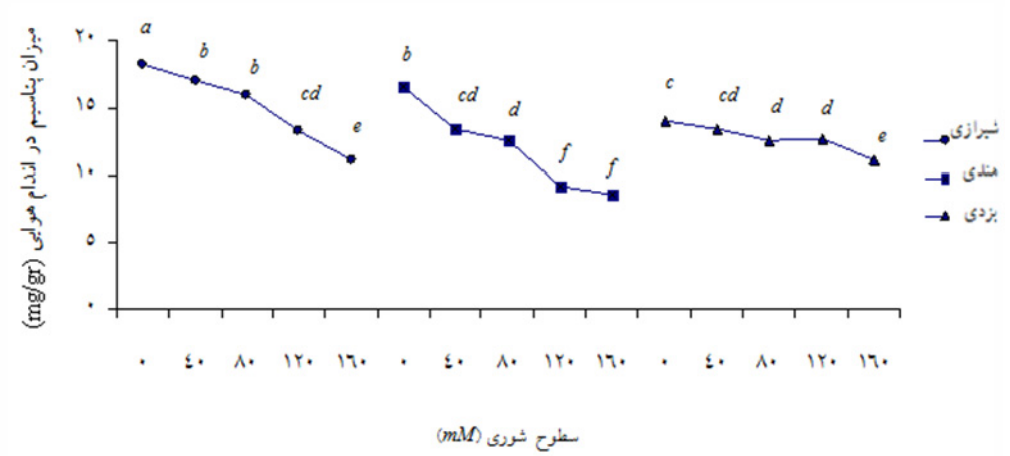
بر طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) برای صفت وزن خشک اندام هوایی، تنها اثر ساده رقم و شوری معنی‌دار (۰/۰۱ $P\leq$) گردید ولی اثر متقابل این دو معنی‌دار نشد. توده یزدی با میانگین ۱/۹۴ گرم در بوته بیشترین میانگین صفت را به خود اختصاص داد، در حالی که کمترین میزان ماده خشک اندام هوایی (۱/۳۱ گرم در بوته) در توده شیرازی تولید شد (جدول ۲). در مقایسه بین سطوح مختلف شوری، سطوح صفر و ۴۰ میلی‌مولار به ترتیب با ۱/۸۹ و ۱/۹۳ گرم در بوته بیشترین میانگین صفت را به خود اختصاص دادند. کمترین مقدار ماده خشک اندام هوایی (۱/۱۶ گرم در بوته) نیز در تیمار ۱۶۰ میلی‌مولار نمک به دست آمد (جدول ۲).

در این بررسی، وزن خشک ریشه در توده‌های شنبلیله اختلاف معنی‌داری نشان داد. به طوری که وزن خشک ریشه توده شیرازی (۰/۴۵ گرم در بوته) تقریباً ۱/۵ برابر وزن خشک ریشه در توده‌های یزدی و هندی بود (جدول۲) که این مسئله باعث توزیع یون‌های جذب شده در حجم بیشتری از اندام هوایی شده و غلظت یون‌های کلسیم و پتاسیم را به ازای هر گرم ماده خشک کاهش داده است (جدول ۴). هم‌چنین مقایسه بین سطوح شوری نشان داد که شوری صفر و ۴۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی وزن خشک ریشه در سطوح ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲۸/۳، ۴۵/۳ و ۵۴/۶ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲).

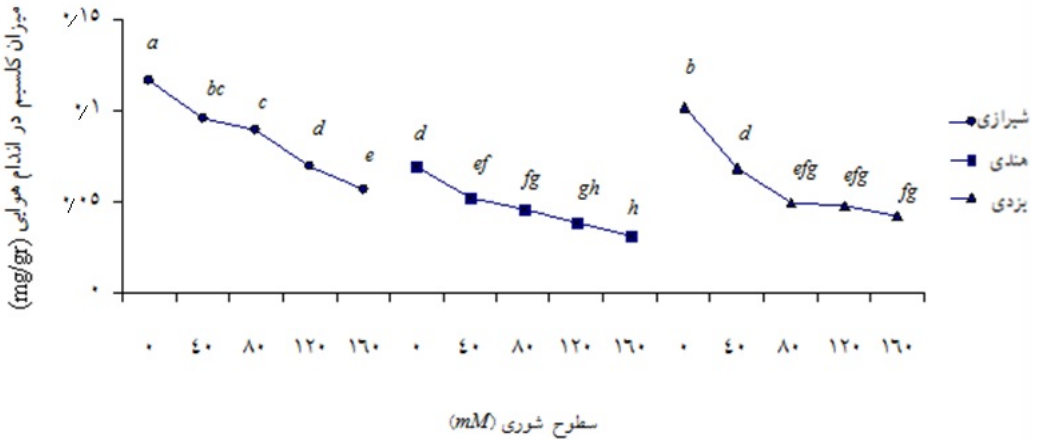
در مورد صفت تعداد برگ، اثرهای رقم و شوری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شدند، ولی اثر متقابل این دو معنی‌دار نگردید (جدول ۱). توده یزدی بیشترین (۱۳/۴) و توده شیرازی کمترین (۹/۶) میانگین تعداد برگ را دارا بودند (جدول ۲). مقایسه بین سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که با افزایش شوری، تعداد برگ کاهش می‌یابد. به طوری که میانگین تعداد برگ از ۱۴/۶۵ در تیمار شاهد به ۷/۱۲ در شوری ۱۶۰ میلی-مولار کاهش یافت (جدول ۲).

در این آزمایش، تجمع میزان سدیم در اندام هوایی تحت تأثیر شوری قرار گرفت و در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. به طوری که بیشترین میزان تجمع سدیم در اندام هوایی مربوط به سطح ۱۶۰ میلی‌مولار (۲۰/۳۶ mg/g) و کمترین آن (mg/g ۰/۴۷) مربوط به تیمار شاهد بود. ولی اثر رقم در مورد این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

طبق نتایج تجزیه واریانس، تمامی اثرهای ساده و متقابل در مورد میزان پتاسیم در اندام‌های هوایی در سطح ۱٪




**شکل ۱. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان پتاسیم در اندام هوایی**




**شکل ۲. اثر متقابل رقم و شوری بر میزان کلسیم در اندام هوایی**

معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و شوری (شکل ۱) بیانگر این مطلب است که توده شیرازی در شوری صفر (شاهد) بیشترین میزان تجمع پتاسیم در اندام هوایی را داشته و به تدریج با افزایش شوری از میزان تجمع پتاسیم در گیاه کاسته شده است. در مقایسه بین ارقام در واکنش به سطوح مختلف شوری از لحاظ تجمع پتاسیم در اندام هوایی، توده یزدی نوسانات کمتری نشان داد و از این نظر دارای ثبات بیشتری بود (شکل ۱).

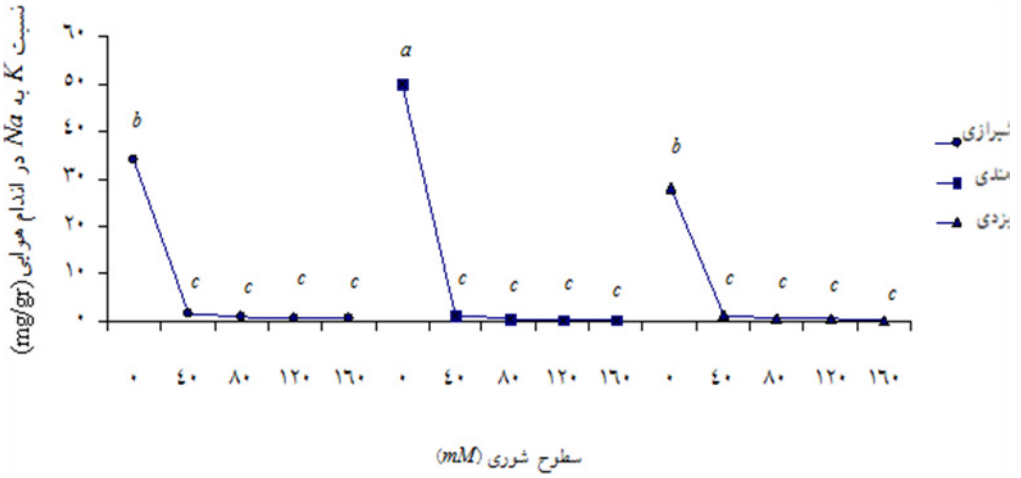
نتایج تجزیه واریانس در مورد میزان کلسیم در اندام هوایی نیز حاکی از معنی‌دار شدن تمام اثرهای ساده و اثر متقابل رقم در شوری است (جدول ۳). با توجه به شکل ۲، توده شیرازی در تیمار شاهد و توده هندی در سطح شوری ۱۶۰ میلی‌مولار به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تجمع کلسیم در اندام هوایی را داشتند.

در مورد نسبت کلسیم به سدیم، تنها اثر شوری معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها در سطوح شوری نشان داد که بیشترین نسبت کلسیم به سدیم (۰/۲۰۹) مربوط به سطح شاهد بود و سایر سطوح شوری با نسبت کمتر از ۰/۰۰۷ با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم تحت تأثیر اثرهای ساده رقم و شوری و اثر متقابل رقم در شوری قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین مقدار نسبت

**جدول ۴. مقایسه میانگین میزان عناصر در اندام هوایی سه ژنوتیپ شنبلیله**

| منابع آزمایشی | سدیم (mg/g ماده خشک) | پتاسیم (mg/g ماده خشک) | کلسیم (mg/g ماده خشک) | نسبت پتاسیم به سدیم | نسبت کلسیم به سدیم |
|---|---|---|---|---|---|
| **شوری (میلی‌مولار)** | | | | | |
| ۰ | ۰/۴۷e | ۱۶/۲۳a | ۰/۰۹a | ۳۷/۲۷a | ۰/۲۰۹a |
| ۴۰ | ۹/۲۶d | ۱۴/۵۸b | ۰/۰۷b | ۱/۵۹b | ۰/۰۰۷b |
| ۸۰ | ۱۴/۶۳c | ۱۳/۶۸c | ۰/۰۶c | ۰/۹۴b | ۰/۰۰۴b |
| ۱۲۰ | ۱۷/۸۵b | ۱۱/۶۷d | ۰/۰۵d | ۰/۶۵b | ۰/۰۰۳b |
| ۱۶۰ | ۲۰/۳۶a | ۱۰/۲۴e | ۰/۰۴e | ۰/۵۰b | ۰/۰۰۲b |
| **توده** | | | | | |
| شیرازی | ۱۲/۳۹a | ۱۵/۰۷a | ۰/۰۸۵a | ۱/۲۱ab | ۰/۰۰۶a |
| هندی | ۱۲/۶۹a | ۱۲/۰۳c | ۰/۰۴۷c | ۰/۹۴a | ۰/۰۰۳a |
| یزدی | ۱۲/۴۶a | ۱۲/۷۵b | ۰/۰۶b | ۱/۰۲b | ۰/۰۰۴a |

در هر ستون و برای منبع، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ و ۵٪ ندارند.




**شکل ۳. اثر متقابل رقم و شوری بر نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی**

پتاسیم به سدیم (۱/۲۱) در توده شیرازی و کمترین آن (۰/۹۴) در توده یزدی مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در شوری در مورد نسبت پتاسیم به سدیم (شکل ۳) نشان داد که در سطح شوری صفر میلی‌مولار، توده هندی بیشترین میزان نسبت پتاسیم به سدیم را داشت و در سایر سطوح شوری بین سه توده مورد آزمایش از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

## بحث

در این آزمایش، سطوح مختلف شوری بر صفات مورفولوژیک شنبلیله نظیر ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، تعداد برگ و طول ریشه معنی‌دار گردید. هم‌چنین توده‌های مختلف از نظر صفات مذکور، بجز طول ریشه، با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نشان دادند. علی‌رغم این‌که رشد ریشه توده شیرازی نسبت به دو توده دیگر بیشتر بود، اما

رشد اندام هوایی کمتری داشت که این مسئله نشان می‌دهد توده شیرازی منابع غذایی را بیشتر برای گسترش ریشه اختصاص داده است که یکی از نشانه‌های مقاومت به تنش اسمزی است. بررسی نتایج پژوهش‌های مشابه در مورد شنبلیله و دیگر گیاهان دارویی در ایران و دیگر کشورها نیز نشان از نتایج تقریباً مشابه با نتایج حاصل از این تحقیق دارد. به گونه‌ای که سلامی و همکاران (۲) گزارش کرده‌اند که در دو گیاه دارویی سنبل‌الطیب و زیره سبز با افزایش سطح شوری، طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه کاهش پیدا کرده‌است. مقصودی مود و همکاران (۳) نیز گزارش کردند که ارقام اردستانی، اصفهانی و عراقی گیاه شنبلیله تحت تأثیر تنش شوری دچار کاهش در طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و وزن خشک ساقه شدند. حاسنی و همکاران (۱۱) نیز بیان داشتند که در یک رقم تونسی گیاه شنبلیله، تنش شوری باعث کاهش پارامترهایی از قبیل سرعت رشد نسبی، وزن تر و خشک برگ‌ها و ساقه‌ها شد، ولی بر رشد ریشه اثر معنی‌داری نداشت. برنستین و همکاران (۱۰) گزارش کردند که در گیاه ریحان، افزایش شوری باعث کاهش طول ریشه و ساقه، وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ‌ها شد. جمیل و همکاران (۱۲) بیان داشتند که طول ریشه و ساقه مهمترین صفات ارزیابی تنش شوری می‌باشند زیرا ریشه در تماس مستقیم با خاک است و آب را از خاک جذب می‌کند و ساقه آن را به سایر قسمت‌های گیاه می‌رساند. کاهش رشد ریشه و ساقه می‌تواند ناشی از اثرهای سمی سدیم و کلر و یا عدم تعادل در جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه باشد. سوختگی میانه برگ‌ها و سرشاخه‌ها در اثر تجمع بیش از حد کلر، که معمولاً با کلروزه شدن حاشیه برگ‌ها توأم است، رخ می‌دهد. گاهی اوقات ۵۰٪ برگ کلروزه می‌شود که منجر به کاهش شدید فتوسنتز می‌گردد. هم‌چنین نمک ممکن است باعث کاهش تعداد آغازه‌های برگ و در نهایت کاهش تعداد برگ شود (۷).

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش، میزان سدیم با افزایش غلظت نمک در تیمارهای مختلف روند افزایشی نشان داد. اما میزان پتاسیم و کلسیم و نسبت‌های کلسیم به سدیم و پتاسیم به سدیم در اندام هوایی با افزایش سطح شوری کاهش نشان داد. توده‌های مختلف از نظر میزان سدیم و نسبت کلسیم به سدیم در اندام هوایی تفاوت آماری معنی‌داری نشان دادند. حال آن که میزان پتاسیم و کلسیم و نسبت پتاسیم به کلسیم در اندام هوایی توده‌های مختلف یکسان بود. کاهش نسبت‌های کلسیم به سدیم و پتاسیم به سدیم با توجه به افزایش میزان سدیم و کاهش کلسیم و پتاسیم امری قابل انتظار است. حاسنی و همکاران (۱۱) گزارش کرده‌اند که میزان عناصر پتاسیم و کلسیم اندام هوایی در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار NaCl کاهش یافته و در نتیجه نسبت‌های پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم نیز کاهش پیدا کرده‌اند. اشرف و همکاران (۸) نیز نتایج مشابهی را در مورد میزان عناصر پتاسیم و کلسیم و نسبت‌های ذکر شده در گیاه *Ammi majus* بیان داشتند. غلظت زیاد سدیم در اندام هوایی دامنه‌ای از مشکلات اسمزی و متابولیک گیاه را موجب شده و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد این یون در اندام گیاهی و کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال خواهد داشت (۱۷). به هم خوردن نسبت‌های یونی در گیاه تحت شرایط شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم است. تشابه بین شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، عمل تمایز بین دو یون مذکور را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین ترتیب سمیت سدیم فراهم می‌گردد. فعالیت آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم حساسیت زیادی به نمک دارد و لذا حفظ نسبت‌زیاد پتاسیم به سدیم در سیتوسول، یک نیاز اساسی برای رشد گیاه در شرایط شوری زیاد است (۷).

با توجه به این که زیاد بودن نسبت‌های پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در گیاه تحت شرایط شور به عنوان یکی از معیارهای مهم برای مقاومت به شوری به شمار می‌رود (۹)، بنابراین می‌توان گفت که توده شیرازی نسبت به دو توده دیگر از مقاومت به شوری بیشتری برخوردار است. زیرا نسبت‌های پتاسیم به سدیم و کلسیم به سدیم در آن بیشتر از دو توده دیگر می‌باشد. از سوی دیگر، پتانسیل عملکرد ماده خشک این توده نسبت به دو توده دیگر کمتر بوده (۱/۳۱ گرم در بوته) و توده یزدی عملکرد ماده خشک بیشتری (۱/۹۴ گرم در بوته) داشت.

## نتیجه‌گیری

آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی روی سه توده شیرازی، هندی و یزدی گیاه شنبلیله با پنج سطح شوری کلرید سدیم (صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌مولار) به صورت هیدروپونیک در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد انجام شد. نتایج حاصل حاکی از کاهش ارتفاع بوته، طول ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ با افزایش غلظت شوری بود. توده یزدی دارای بیشترین ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ بود. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، به نظر می‌رسد بتوان از توده شیرازی شنبلیله به عنوان توده حاوی ژن‌های مقاومت به شوری برای اصلاح توده‌هایی با پتانسیل عملکرد زیاد مثل توده یزدی استفاده نمود.

## منابع مورد استفاده


۱. حسینی، ح. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۵. اثر تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی اسفرزه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۴(۱): ۱۵-۲۱.

۲. سلامی، م.، ا. صفرنژاد و ح. حمیدی. ۱۳۸۵. اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفولوژی سنبل‌الطیب و زیره سبز. مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی ۱۹: ۷۷-۸۳.

۳. مقصودی مود، ا.، و. صفری و ر. هاشمی نسب. ۱۳۸۸. اثرات شوری آب بر رشد دانهال توده‌های بومی گیاه شنبلیله ایرانی. چهارمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب، ۱۱ و ۱۲ آذرماه، کرمان.

۴. میبدی، س. ع. م. و ب. قره‌یاضی. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی و به‌نژادی تنش شوری در گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

۵. نجفی، ح. و م. میرمعصومی. ۱۳۷۸. بررسی عکس‌العمل‌های فیزیولوژیکی سویا در شرایط تنش شوری. علوم و صنایع کشاورزی ۱: ۳۴-۳۹.

۶. نیکنام، و. و ا. کیانی. ۱۳۸۳. بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی بر برخی پارامترهای بیوشیمیایی شنبلیله. دومین همایش گیاهان دارویی، ۷ و ۸ بهمن ماه، دانشکده علوم و کشاورزی، دانشگاه شاهد،تهران، صفحه ۴۹.

7. Apse, M. P. and E. Blumwald . 2002. Engineering salt tolerance in plant. J. Biotech. 13: 146-150.
8. Ashraf, M., N. Mukhtar, S. Rehman and E. S. Rha. 2004. Salt induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop`s weed (*Ammi majus* L.). Photosynthetica 42(4): 543-550.
9. Ashraf, M. and A. Orooj. 2005. Salt stress effects on growth, ion accumulation and seed oil concentration in an arid zone traditional medicinal plant ajwain (*Trachyspermum ammi* L. Sprague). Department of Botany, University of Agriculture, Faisalabad 38040, Pakistan.
10. Bernstein N., M. Kravchik and N. Dudai. 2009. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Osimum basilicum*) in relation to alteration of morphological development. Ann. Appl. Biol. 156(2): 167-177.
11. Hasni, I., H. Ben Ahmed, E. Bizid, A. Raies, G. Samson and E. Zid. 2009. Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). The Proc. of International Plant Nutrition Colloquim XVI, UC Davis.
12. Jamil, M., D. B. Lee, K. Y. Jung, M. Ashraf, S. C. Lee and E. S. Rha. 2006. Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. J. Cent. Eur. Agric. 7: 273-282.
13. Kaya, C., D. Higgs and H. Kirnak. 2001. The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulg. J. Plant physiol. 27: 47-59.
14. Misra, N. and U. N. Dwivedi. 2004. Genotypic difference in salinity tolerance of green gram cultivars. Plant Sci. 166: 1135-1124.
15. Najafi, F., R. A. Khavari-Nejad and M. Siah Ali. 2010. The effects of salt stress on physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plant. J. Stress Physiol. Biochem. 6(1): 14-21.
16. Santa-Maria, G. E. and E. Epstein. 2001. Potassium/sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat x Lophopyrum elongatum. Plant Sci. 160: 523-534.
17. Tester, M. and R. Davenport. 2003. $Na^+$ tolerance and $Na^+$ transport in higher plants. Ann. Bot. 91: 503-527.