واکنش رشد اولیه و غلظت‌های یون‌های سدیم و پتاسیم در ده رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش شوری

یحیی امام[۱]، الهام حسینی[۲]، ناهید رفیعی[۳] و هادی پیراسته‌انوشه*[۴]

۱) استاد دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شیراز، ایران.
۲ و ۳) دانش‌آموختگان کارشناسی، دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شیراز، ایران.
۴) دانشجوی دکتری دانشگاه شیراز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شیراز، ایران.

* **نویسنده مسئول:** H.pirasteh.a@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۷/۰۸ **تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۱۸**

چکیده

به منظور بررسی واکنش رشد اولیه و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم در ده رقم جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت تأثیر تنش شوری، آزمایشی در محیط کنترل شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا شد. در این پژوهش گلخانه‌ای ده رقم جو شامل ارم، کارون، کویر، جنوب، ماکویی، افضل، شیرین، گوهر، نصرت و ریحان در دو شرایط آبیاری با آب شهر (۰/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر، به عنوان شاهد) و آب شور با هدایت الکتریکی ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر در یک سیستم کشت ماسه‌ای بررسی شد. نتایج نشان داد که شوری سبب کاهش معنی‌دار درصد و سرعت سبزشدن، سطح برگ، وزن خشک شاخساره و ریشه، غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم و افزایش غلظت سدیم گردید. واکنش رقم‌ها به شوری متفاوت بود. نسبت پتاسیم به سدیم بیش‌ترین (۴۰/۷ درصد کاهش) و طول ریشه کم‌ترین پاسخ (۴/۶ درصد کاهش) را به شوری از خود نشان دادند. تنش شوری به‌طور میانگین موجب کاهش ۲۴/۳ درصدی وزن خشک شاخساره ارقام جو گردید؛ که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد کاهش به‌ترتیب در ارقام شیرین (۳۱/۶ درصد) و افضل (۱۶/۳ درصد) مشاهده شد. صفات درصد سبزشدن، غلظت پتاسیم و وزن خشک ریشه در شرایط مطلوب و وزن خشک ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط شور به عنوان تأثیرگذارترین صفات بر وزن خشک شاخساره شناسایی شدند. بر این اساس، می‌توان ارقام افضل و کویر را به عنوان رقم‌های متحمل و رقم‌های ریحان و شیرین را به عنوان ارقام حساس به شوری به حساب آورد. نتایج این پژوهش نشان داد که صفات سرعت و درصد سبز شدن اگرچه برای رشد و نمو بهتر گیاه لازم است، اما اثر مستقیمی بر تحمل شوری ندارد.

واژه‌های کلیدی: ریشه، سبزشدن، نسبت غلظت پتاسیم به سدیم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

مقدمه

شوری از مشکلات مهم در اراضی کشاورزی دنیا می‌باشد؛ به‌طوری‌که هر ساله بر سطح زمین‌های شور افزوده می‌شود. سطح اراضی شور در ایران ۲۵ میلیون هکتار بوده که به دلیل مدیریت ضعیف آبیاری، این سطح رو به افزایش است (امام، ۱۳۹۰). شوری از مهم‌ترین عوامل محیطی است که سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. بررسی اثرات زیان‌آور شوری بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی حائز اهمیت است. غلظت زیاد نمک سبب کاهش پتانسیل اسمزی محیط رشد گیاه می‌شود که فراهمی آب برای گیاه را کاهش می‌دهد (Yilmaz, 2007). تأثیر تنش شوری بر گیاهان زراعی شامل کاهش پتانسیل آب ناشی از وجود نمک‌ها در محیط ریشه، اثر سمیت یون‌ها به ویژه یون‌های سدیم و کلر و عدم تعادل یونی بین یون‌های سدیم، کلر، پتاسیم، نیترات و فسفات می‌باشد (Kingsbury *et al*., 1984; Naidoo and Rughunanen, 1990). تحت تنش شوری سرعت جوانه‌زنی بذرها و درصد سبز شدن گیاهچه‌های جو کاهش می‌یابد. شوری هم‌چنین باعث کاهش تولید ماده خشک، سطح برگ و نسبت ساقه به ریشه در تعدادی از گیاهان از جمله جو می‌شود (Godfreg *et al*., 2004). در پژوهش‌های پیشین مشخص شده است که درصد سبز شدن ژنوتیپ‌های جو در شرایط شور نسبت به شرایط مطلوب کاهش معنی‌داری داشته است (تدین و امام، ۱۳۸۶؛ Gorham *et al*., 1985). Gorham و همکاران (۱۹۸۵) بیان کردند که با افزایش سطح شوری، تعداد، عرض و ضخامت برگ‌های جو نیز کاهش یافت. این موضوع می‌تواند به علت کاهش پتانسیل آب و کاهش تورژسانس برگ در گیاهان تحت تنش شوری باشد. تأثیر شوری به‌صورت بسته شدن روزنه‌های برگ، کاهش تبادل دی‌اکسیدکربن و محدودیت گسترش برگ‌ها موجب کاهش فتوسنتز گیاه جو می‌گردد (Pakniat *et al*., 2003). غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت بین آن‌ها به عنوان شاخص مهمی از تحمل به شوری در بین ژنوتیپ‌های جو مطرح شده است. ارقام متحمل به شوری میزان پتاسیم بالاتری در مقایسه با سدیم در سلول‌های خود دارند (بهبودیان و همکاران، ۱۳۸۴؛ Pirasteh-Anosheh *et al*., 2014). تفاوت‌های رشدی و روابط یونی در بین ارقام زراعی جو تحت شرایط شور نشان‌دهنده‌ی پتانسیل‌های متفاوت ژنتیکی ارقام جو در تحمل به تنش شوری است (تدین و امام، ۱۳۸۶). استقرار گیاه جو، حساس‌ترین مرحله نسبت به شوری است. درصد و سرعت بالای جوانه‌زنی و هم‌چنین رشد بهتر ریشه و ساقه در اوایل فصل رشد باعث استفاده بهینه از تابش در زمین پوشی[1] و یکنواختی سایه‌انداز گیاهی و در نهایت رسیدن به پتانسیل عملکرد خواهد شد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2011). از آنجا که به نظر می‌رسد که ارقام جو با سرعت سبز شدن بالاتر و رشد اولیه بهتر، بتوانند تحمل بیش‌تری به شوری داشته باشند؛ بنابراین

[1] Ground cover

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

در این پژوهش وضعیت سبز شدن، رشد اولیه و غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم و ارتباط آن با تحمل به شوری در ده رقم جو زراعی تحت تأثیر تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ده رقم جو شامل ارم، کارون، کویر، جنوب، ماکویی، افضل، شیرین، گوهر، نصرت و ریحان و دو سطح شوری شامل صفر و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. تیمارهای شوری با آبیاری آب شور که از نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ با نسبت ۳ به ۱ از مرحله کاشت بذر اعمال گردید، درحالی‌که تیمارهای شاهد با آب شهر (با هدایت الکتریکی ۰/۶۲ دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری شدند. تعیین شوری با استفاده از دستگاه شوری‌سنج پورتابل مدل 2052 digital USA انجام شد. در زیر هر گلدان، یک زیرگلدانی قرار داده شد تا امکان اندازه‌گیری شوری زه‌آب و کنترل یکنواختی شوری در طول آزمایش فراهم شود. کاشت بذرها در گلدان‌های پلاستیکی ۵ لیتری که به وسیله ماسه شسته شده پرشده بودند، صورت گرفت. بذور یکنواخت هر ده رقم جو با قارچ‌کش ویتاواکس ضد عفونی و ۱۰ بذر در هر گلدان کاشته شد. بوته‌ها هر دو تا سه روز یکبار با محلول غذایی ¼ هوگلند تغذیه شدند. دمای میانگین حداقل و حداکثر گلخانه به‌ترتیب ۲۸ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۵۵ تا ۶۰ درصد بود. بوته‌های جو روزانه در معرض ۱۴ ساعت روشنایی (ترکیبی از لامپ فلورسنت و مهتابی) بودند.

پانزده روز پس از کاشت بذرها درصد سبز شدن بوته‌ها محاسبه شد. پس از سبز شدن بوته‌ها و در مرحله ۳ برگی، ۵ بوته یکنواخت در هر گلدان نگهداری و بقیه بوته‌ها حذف شدند. در این آزمایش درصد و سرعت سبزشدن، ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه‌ها، طول اندام‌های هوایی و ریشه‌ها، غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد. درصد و سرعت سبز شدن به‌ترتیب توسط فرمول‌های ۱ و ۲ مشخص شد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2011).

$$EP = \frac{EN}{TN}$$ فرمول (۱)

$$ER = \sum \frac{n}{Dn}$$ فرمول (۲)

در فرمول ۱ درصد سبزشدن (EP) از نسبت تعداد بذر سبز شده (EN) به تعداد کل بذرهای کشت شده (TN) و در فرمول ۲ سرعت سبزشدن (ER) از مجموع نسبت بذر جوانه‌زده در هر روز (n) به شماره روز (Dn) به‌دست آمد. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[1] و وزن خشک پس از قرار دادن در آون تهویه‌دار به مدت ۴۸ ساعت با دمای

[1] Delta TMK_2 England

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

۷۰±۲ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. غلظت سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلایم‌فتومتر مدل SL-CC-102 India اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها و رگرسیون گام‌به‌گام با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD، در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول ۱ نشان داد که درصد و سرعت سبز شدن تحت تأثیر معنی‌دار اثر شوری (در سطح احتمال پنج درصد)، رقم (در سطح احتمال یک درصد) و برهمکنش آن‌ها (در سطح احتمال پنج درصد) قرار گرفتند. تنش شوری موجب کاهش سرعت و درصد سبزشدن گیاهچه در همه ارقام گردید. در شرایط مطلوب ارقام ارم، کویر، ریحان و نصرت بالاترین سرعت سبز شدن (۱۰۰ درصد) را نشان دادند. در شرایط تنش شوری نیز، رقم نصرت دارای بیش‌ترین درصد سبز شدن بود (۹۳/۰ درصد). رقم گوهر در هر دو شرایط مطلوب (۵۳/۰ درصد) و شور (۶۳/۳ درصد) دارای کم‌ترین درصد سبز شدن بود (جدول ۲). شوری از سه طریق موجب کاهش سبز شدن اولیه گیاه می‌گردد: پتانسیل اسمزی محلول، تولید یون‌های سمی و تغییر تعادل عناصر غذایی (Munns and Tester, 2008). در شدت‌های شوری پایین کاهش پتانسیل اسمزی عامل محدودکننده جوانه‌زنی و سبزشدن است. ولی در شوری‌های بالا سمیت یونی و در پی آن افزایش جذب یون‌های مضر به‌خصوص کلرید سدیم و عدم تعادل بین عناصر غذایی سبب کاهش درصد سبزشدن محسوب می‌شوند (Kingsbury *et al*., 1984).

بیش‌ترین سرعت سبز شدن در هر دو شرایط مطلوب و شور مربوط به رقم نصرت بود، که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر ارقام بود. کم‌ترین سرعت سبز شدن نیز در شرایط مطلوب و شور به‌ترتیب در رقم‌های گوهر و شیرین مشاهده شد. کاهش سرعت سبز شدن می‌تواند به دلیل منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محیط اطراف ریشه نسبت به سلول‌های ریشه گیاه، ناشی از تجمع مقادیر بالای نمک در محلول خاک، باشد (امام، ۱۳۹۰). بیش‌ترین درصد کاهش درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه در اثر تنش شوری در رقم شیرین مشاهده شد؛ درحالی‌که کم‌ترین کاهش درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه به‌ترتیب در ارقام نصرت و افضل به‌دست آمد. تدین و امام (۱۳۸۶) نیز ضمن نشان دادن تأثیر منفی شوری بر درصد سبزشدن گیاهچه، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد سبز شدن گیاهچه را به‌ترتیب در ارقام ریحان و افضل گزارش کردند. ایشان دلیل این تأثیر منفی را به کاهش پتانسیل اسمزی خاک و وجود مقادیر بالای سدیم و کلر نسبت دادند. پژوهش‌ها نشان داده است که شوری اثر بازدارندگی قابل توجهی بر سبز شدن بذرها دارد؛ که این اثر بازدارندگی فاکتور محدودکننده مهمی برای کاشت محصولات زراعی در اراضی شور می‌باشد. بنابراین در انتخاب ارقام مقاوم گیاهان زراعی جهت کاشت در اراضی شور بایستی جوانه‌زنی بذرها در شرایط شور در نظر گرفته شود (امام، ۱۳۹۰ و Pirasteh-Anosheh *et al*., 2014).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

تنها عامل رقم بر ارتفاع شاخساره (در سطح احتمال یک درصد) و طول ریشه (در سطح احتمال پنج درصد) معنی‌دار بود و شوری تأثیر معنی‌داری بر این دو صفت نداشت (جدول ۱). به‌طور میانگین بیش‌ترین ارتفاع شاخساره (۳۰/۲ سانتی‌متر) و طول ریشه (۴۱/۸ سانتی‌متر) به‌ترتیب در رقم‌های گوهر و جنوب و کم‌ترین آن‌ها در رقم‌های کویر (۲۳/۱ سانتی‌متر) و ریحان (۲۸/۷ سانتی‌متر) مشاهده شد. در بین تمام صفات، طول ریشه و پس از آن ارتفاع شاخساره دارای کم‌ترین حساسیت به تنش شوری بودند (شکل ۱). Pirasteh-Anosheh و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که رشد شاخساره نسبت به رشد ریشه بیش‌تر تحت تأثیر منفی تنش شوری قرار می‌گیرد.

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس اثر شوری، رقم و برهمکنش آن‌ها بر صفات رویشی بوته‌های جو

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		درصد سبزشدن	سرعت سبزشدن	ارتفاع بوته	طول ریشه	سطح برگ	وزن خشک شاخساره	وزن خشک ریشه	غلظت سدیم	غلظت پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم
شوری (S)	۱	۵۰۱/۶۶*	۴/۳۸*	۱۶/۰۱^{ns}	۲۴/۰۱^{ns}	۷۱۸/۵۰*	۱/۷۶*	۱۴/۳۳*	۷۲۸/۶۰**	۴۵۰/۴۱**	۷۴/۲۳**
رقم (C)	۹	۲۷۵۹/۴۴**	۱۵/۰۵**	۱۳۷/۱۵**	۲۷۲/۲۴*	۱۱/۲۰^{ns}	۱۰/۶۴**	۹۹/۸۲**	۱۸۳/۰۴*	۳۸/۶۳**	۱۹/۲۳*
S×C	۹	۴۲۰/۱۸*	۰/۴۴*	۴/۸۲^{ns}	۲۸/۰۵^{ns}	۱۹۸/۷۹*	۵/۴۸**	۱۰/۰۲*	۱۴۱/۸۲*	۳۹۲/۶۷**	۰/۹۸^{ns}
خطا	۴۰	۱۲۰/۲۱	۰/۰۶	۷/۸۵	۳۳/۵۶	۱۳/۵۵	۰/۲۹	۰/۰۱	۸/۶۴	۷/۰۶	۱/۰۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۲۱	۱۵/۶۰	۱۱/۱۸	۱۸/۰۸	۱۴/۸۸	۱۲/۰۷	۱۳/۸۲	۱۲/۱۲	۱۱/۸۸	۸/۹۲

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۲: تأثیر تنش شوری (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر صفات رویشی ده رقم جو

ارقام جو	درصد سبز شدن		سرعت سبزشدن (در روز)		سطح برگ (سانتی‌مترمربع)		وزن خشک شاخساره (گرم)		وزن خشک ریشه (گرم)		غلظت سدیم (میلی‌گرم در گرم)		غلظت پتاسیم (میلی‌گرم در گرم)	
	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش	مطلوب	تنش
ارم	۱۰۰/۰	۷۳/۴	۲/۰۶	۲/۰۱	۲۷/۴۳	۲۱/۳۷	۱/۷۶	۱/۳۲	۰/۷۲	۰/۵۲	۲۴/۷	۳۱/۶	۲۴/۰	۱۸/۱
افضل	۷۰/۰	۵۶/۶	۱/۱۷	۱/۱۶	۲۵/۸۲	۱۹/۳۹	۱/۵۹	۱/۳۳	۰/۷۵	۰/۶۷	۲۶/۵	۲۸/۹	۲۴/۲	۱۹/۷
جنوب	۶۳/۰	۴۳/۲	۱/۲۱	۱/۰۲	۲۳/۵۹	۲۰/۷۶	۱/۷۶	۱/۴۴	۰/۷۹	۰/۶۵	۲۰/۱	۲۲/۰	۲۴/۴	۱۹/۸
ریحان	۱۰۰/۰	۹۰/۰	۱/۹۰	۱/۵۸	۲۸/۴۰	۲۰/۶۹	۱/۴۶	۱/۰۱	۰/۶۷	۰/۴۶	۱۹/۶	۳۵/۶	۲۰/۸	۱۵/۶
شیرین	۵۶/۷	۶۳/۷	۱/۲۰	۰/۷۰	۲۸/۱۷	۱۶/۶۷	۱/۴۹	۱/۰۲	۰/۶۶	۰/۴۲	۱۳/۵	۲۵/۸	۲۴/۹	۱۶/۷
کارون	۱۰۰/۰	۸۳/۳	۲/۰۰	۱/۹۰	۲۵/۸۱	۲۰/۸۹	۱/۵۷	۱/۲۳	۰/۷۲	۰/۶۰	۱۵/۳	۲۰/۴	۲۵/۶	۲۱/۶
کویر	۱۰۰/۰	۷۰/۰	۲/۱۰	۱/۸۰	۲۳/۷۱	۲۱/۹۴	۱/۴۸	۱/۲۲	۰/۶۷	۰/۵۷	۲۶/۴	۲۷/۴	۲۶/۶	۲۲/۳
گوهر	۵۳/۰	۳۶/۶	۰/۹۳	۰/۸۶	۳۸/۸۳	۱۸/۰۵	۱/۶۰	۱/۲۲	۰/۷۵	۰/۵۵	۲۲/۹	۳۰/۱	۲۸/۷	۲۱/۱
ماکویی	۶۵/۰	۵۰/۰	۱/۷۰	۱/۲۰	۳۹/۰۶	۲۴/۶۰	۱/۵۷	۱/۱۲	۰/۷۴	۰/۵۵	۲۰/۸	۲۸/۲	۲۳/۶	۱۷/۶
نصرت	۱۰۰/۰	۹۳/۳	۲/۶۰	۲/۳۰	۲۸/۶۱	۲۰/۹۳	۱/۷۷	۱/۲۴	۰/۷۹	۰/۶۸	۲۰/۲	۲۴/۹	۲۸/۲	۲۳/۵
LSD <۰/۰۱	۱۳/۳		۰/۹۷		۴/۹۰		۰/۱۳		۰/۰۷		۲/۳		۰/۷	

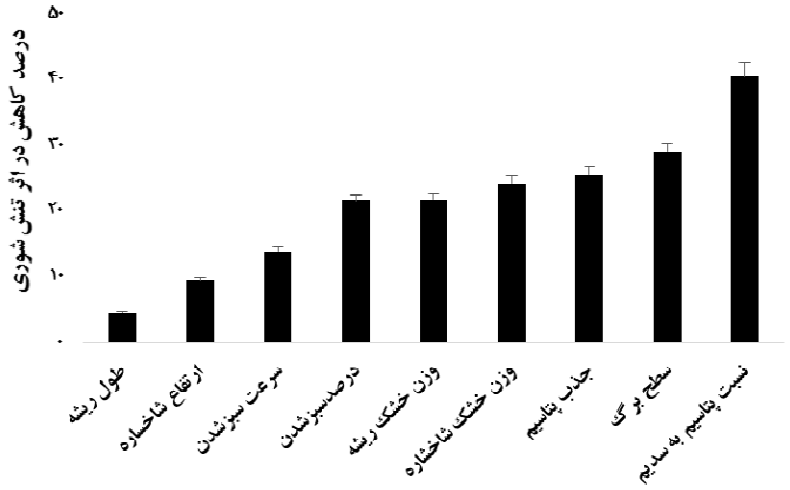
LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار

اثر شوری و برهمکنش آن بر سطح برگ جو در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). سطح برگ از جمله صفاتی بود که به‌طور قابل توجهی به تنش شوری پاسخ داد؛ به نحوی که تنش شوری به‌طور میانگین سبب کاهش ۲۹/۰

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

درصدی سطح برگ جو گردید. تنش شوری موجب کاهش سطح برگ همه ارقام گردید؛ به‌طوری‌که در همه ارقام به جز کارون و کویر کاهش سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش شوری منجر به تغییرات بیوشیمیایی و پاسخ‌های فیزیولوژیکی گسترده‌ای در گیاهان می‌شود و بر تمام مراحل نظیر فتوسنتز، رشد و توسعه اندام‌های متفاوت گیاه مانند سطح و تعداد برگ تأثیر می‌گذارد (تدین و امام، ۱۳۸۶). بیش‌ترین سطح برگ در هر دو شرایط مطلوب (۳۹/۰ سانتی‌مترمربع) و شور (۲۴/۶ سانتی‌مترمربع) در رقم ماکویی مشاهده شد؛ درحالی‌که در این دو شرایط کم‌ترین سطح برگ به‌ترتیب در رقم‌های جنوب (۲۳/۵ سانتی‌مترمربع) و شیرین (۱۶/۶ سانتی‌مترمربع) به‌دست آمد (جدول ۲). شوری باعث کاهش سطح برگ می‌شود، به این علت که سریع‌ترین پاسخ نسبت به تنش شوری در گیاهان کاهش در سطح برگ می‌باشد (Shiyab *et al*., 2011). بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر تنش شوری بر سطح برگ به‌ترتیب در رقم گوهر با ۱۵۱/۱ درصد کاهش و رقم کویر با ۸/۰ درصد کاهش بود. تدین و امام (۱۳۸۶) گزارش کردند که افزایش شدت تنش شوری به‌صورت فزاینده‌ای سبب کاهش تعداد و مساحت برگ‌های ارقام جو گردید، که درصد کاهش در رقم حساس بیش‌تر از رقم مقاوم بود.



شکل ۱: میانگین درصد کاهش صفات متفاوت ده رقم جو تحت تأثیر تنش شوری (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر)

میانگین‌های دارای همپوشانی بر اساس خطای استاندارد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

وزن خشک شاخساره تحت تأثیر معنی‌دار تنش شوری (در سطح احتمال پنج درصد)، رقم (در سطح احتمال یک درصد) و برهمکنش آن‌ها (در سطح احتمال یک درصد) قرار گرفت. هم‌چنین تنش شوری (در سطح احتمال پنج درصد)، رقم (در سطح احتمال یک درصد) و برهمکنش آن‌ها (در سطح احتمال پنج درصد) دارای اثر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه ارقام جو بودند (جدول ۱). در دو شرایط مطلوب و شور بیش‌ترین وزن خشک شاخساره مربوط به رقم‌های نصرت و جنوب بود. در هر دوی این شرایط کم‌ترین وزن خشک شاخساره در رقم ریحان به‌دست آمد. کاهش وزن خشک شاخساره

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

در اثر تنش شوری در همه ارقام مشاهده شد که در همه ارقام جو مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طورکلی، بیش‌تر تنش‌های محیطی شامل شوری تولید مواد فتوسنتزی را محدود کرده که همراه با تأثیر منفی بر سایر متابولیسم‌های گیاه منجر به کاهش رشد گیاه می‌شوند (Munns and Tester, 2008; Tavakkoli *et al.*, 2010). Shiyab (۲۰۱۱) و Xue و همکاران (۲۰۰۴) سمیت یون‌ها و جذب بیش از حد سدیم را علت کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری بیان کردند؛ آن‌ها هم‌چنین بیان کردند افزایش غلظت سدیم و کلر بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب‌پذیری یونی در غشا اثر دارد، که منجر به کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد.

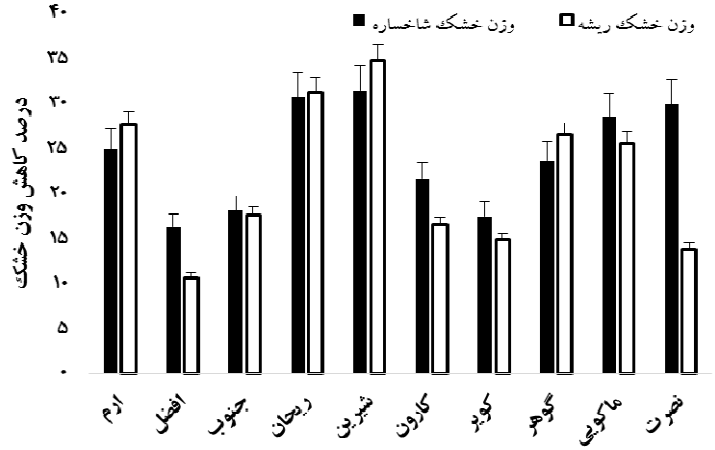
ارقام نصرت و شیرین در هر دو شرایط مطلوب و شور به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک ریشه بوند. تنش شوری به‌طور معنی‌داری وزن خشک ریشه ارقام جو را کاهش داد که در همه ارقام معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش شوری به‌طور میانگین موجب کاهش ۲۱/۷ درصدی وزن خشک ریشه ده رقم جو گردید (شکل ۱). محققان دیگر نیز به نتایج مشابهی در مورد تأثیر منفی تنش شوری بر کاهش ریشه را گزارش کرده‌اند (Khosravaninejad *et al*., 2009; Pirasteh-Anosheh *et al*., 2011, 2013). با توجه به اینکه منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی محیط ریشه به‌طور قابل توجهی رشد را مختل می‌کند، بنابراین، به نظر می‌رسد که در این حالت وزن خشک ریشه به‌طور قابل توجهی کاهش یابد (بهبودیان و همکاران، ۱۳۸۴). بیش‌ترین درصد کاهش وزن خشک شاخساره و ریشه در رقم شیرین به‌ترتیب با ۳۱/۵ و ۳۴/۸ درصد کاهش و کم‌ترین درصد کاهش این دو صفت نیز به‌ترتیب معادل ۱۶/۳ و ۱۰/۶ درصد در رقم افضل مشاهده شد (شکل ۲). مشابه رشد طولی، تأثیر کاهنده شوری بیش‌تر بر وزن خشک شاخساره بود تا وزن خشک ریشه که در بین ارقام تفاوت اندکی داشت (شکل‌های ۱ و ۲). رقم‌های با تحمل بیش‌تر مانند افضل، کارون و کویر نسبت به رقم‌های حساس مانند شیرین، ریحان و گوهر دارای درصد کاهش کم‌تری در وزن خشک ریشه خود بودند. بدین معنی وزن خشک ریشه در ارقام حساس بیش‌تر از وزن خشک شاخساره تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت. در ارقام متحمل، تأثیر تنش شوری بیش‌تر بر روی وزن خشک شاخساره بود (شکل ۲). Khosravaninejad و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند با افزایش کاربرد کلریدسدیم از ۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌مولار، وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه جو کاهش می‌یابد که این کاهش در ریشه قابل ملاحظه می‌باشد. به‌طورکلی، شوری با کاهش پتانسیل اسمزی در محلول خاک منجر به کاهش اساسی در تولید می‌شود (Munns and Tester, 2008).

نتایج جدول ۱ نشان داد که غلظت سدیم و پتاسیم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش شوری (در سطح احتمال یک درصد)، رقم (به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد) و برهمکنش آن‌ها (به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد) قرار گرفت. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت سدیم در شرایط مطلوب به‌ترتیب در رقم‌های کویر و شیرین و در شرایط شور به‌ترتیب در رقم‌های ارم و جنوب ثبت شد. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت پتاسیم نیز در شرایط مطلوب به‌ترتیب در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

رقم‌های گوهر و ریحان و در شرایط شور به‌ترتیب در رقم‌های نصرت و جنوب ثبت شد. شوری به‌طور میانگین سبب کاهش ۲۵/۶ درصدی غلظت پتاسیم و افزایش ۳۰/۹ درصدی غلظت سدیم نسبت به شرایط غیر شور گردید. افزایش غلظت سدیم در همه ارقام جو، به‌جز جنوب، کویر و نصرت؛ و کاهش غلظت پتاسیم در همه ارقام جو در اثر تنش شوری مشاهده شد (جدول ۲). Khosravaninejad و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند در شرایط تنش شوری، با افزایش مقدار سدیم، غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه گیاه جو کاهش می‌یابد که این کاهش در ریشه نسبت به بخش هوایی جو قابل ملاحظه می‌باشد.



شکل ۲: درصد کاهش وزن خشک شاخساره و ریشه در بین ده رقم جو تحت تأثیر تنش شوری (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر)
میانگین‌های دارای همپوشانی بر اساس خطای استاندارد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

کم‌ترین افزایش سدیم در رقم‌های کویر (۳/۷ درصد)، افضل (۴/۰ درصد) و جنوب (۹/۴ درصد) و بیش‌ترین افزایش در رقم شیرین (۹۱/۲ درصد) و ریحان (۸۱/۶ درصد) به‌دست آمد. کم‌ترین کاهش پتاسیم نیز مربوط به رقم‌های کارون (۱۵/۶ درصد)، کویر (۱۶/۰ درصد) و نصرت (۱۶/۶ درصد) و بیش‌ترین آن در رقم شیرین (۳۲/۹ درصد) بود. کاهش غلظت پتاسیم در بافت گیاهی سبب کاهش ظرفیت نگه داشت آماس سلولی و اثر منفی بر فعالیت‌های متابولیکی گیاه می‌شود (Greenway and Munns, 1980). ارتباط بین عملکرد ارقام جو با مقادیر غلظت سدیم و پتاسیم تحت تنش شوری در سایر مطالعات نیز نشان داده شده است (Khosravaninejad *et al*., 2009; Pakniat *et al*., 2003).

تنها اثرات اصلی تنش شوری و رقم به‌ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد بر نسبت پتاسیم به سدیم معنی‌دار بود (جدول ۱). تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار نسبت غلظت پتاسیم به سدیم گردید که به‌طور میانگین در بین ده رقم به مقدار ۴۰/۸ درصد بود. نتایج این آزمایش نشان داد که این نسبت حساسترین صفت نسبت به تنش شوری بود (شکل ۱). تنش شوری سبب ایجاد عدم تعادل یونی گیاه می‌شود؛ به‌طور مثال نسبت پتاسیم به سدیم کاهش می‌یابد و در نتیجه با تجمع زیاد سدیم، آنزیم‌ها غیرفعال شده و در نهایت بر فرایندهای متابولیک گیاه اثر می‌گذارد (Booth and Beardall,

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

1991). سطوح بالای سدیم در گیاهان اغلب همزمان با غلظت‌های پایین پتاسیم دیده می‌شود (Greenway and Munns, 1980).

تأثیر تنش شوری بر رشد گیاه (وزن خشک) در این پژوهش ممکن است ناشی از تأثیر کاهنده شوری بر غلظت پتاسیم و تأثیر فزاینده آن بر غلظت سدیم باشد. به عبارت دیگر، با کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در تیمارهای شوری، رشد گیاه کاهش یافته و با افزایش نسبت سدیم به پتاسیم وزن خشک شاخساره نیز افزایش می‌یابد. این نسبت رابطه مستقیم و معنی‌داری با رشد گیاه، به ویژه در شرایط شور دارد (شکل ۳). بنابراین، می‌توان گفت که تغییرات این نسبت می‌تواند یک شاخص بسیار مناسب برای مقدار تحمل به شوری در ارقام جو باشد. بر این اساس ارقام شیرین و ریحان، ارقام حساس و رقم کویر رقم متحمل شناخته شد که با سایر نتایج این آزمایش نیز همخوانی دارد. Pakniat و همکاران (۲۰۰۳)، غلظت سدیم و محتوای پرولین را به عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ارقام جو متحمل به شوری معرفی کردند.

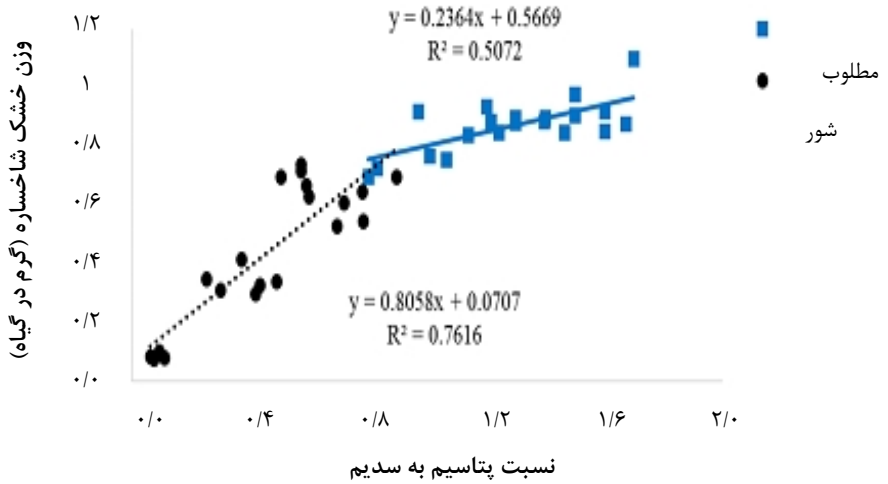
نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نیز نشان داد که درصدسبز شدن، غلظت پتاسیم و وزن خشک ریشه در شرایط مطلوب و وزن خشک ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط شور مهم‌ترین صفات تأثیر گذار بر وزن خشک شاخساره بوته‌های جو هستند. اهمیت بیش‌تر صفت نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط شور نسبت به شرایط مطلوب (شکل ۳ و جدول ۳)، می‌تواند تأکید دیگری بر این نکته باشد که این نسبت بر تحمل به شوری ارقام جو تأثیر مستقبم و قابل‌توجهی دارد. هم‌چنین از نتایج رگرسیون گام‌به‌گام می‌تواند این نکته را نیز دریافت که اهمیت وزن خشک ریشه در شرایط شور بیش‌تر از اهمیت این صفت در شرایط مطلوب است. این موضوع را می‌توان در بین میانگین‌ها نیز دریافت که رقم‌های با توانایی بالا برای حفظ نسبت سدیم به پتاسیم و وزن خشک ریشه در شرایط شور، درصد کاهش عملکرد کم‌تری نیز داشته اند (شکل ۲ و جدول ۲).

جدول ۳: نتایج رگرسیون چندگانه برای تعیین مؤثرترین صفات بر وزن خشک شاخساره (SDW) جو در شرایط شور و شاهد

گام	متغیر وارده شده به مدل	R-Square جزئی	R-Square	F	Pr > F
شرایط شاهد					
۱	درصد سبزشدن (EP)	۰/۹۰۶	۰/۹۰۶	۲۸/۸۱۰	۰/۰۱۳
۲	غلظت پتاسیم (K)	۰/۰۹۱	۰/۹۹۷	۵۷/۳۵۰	۰/۰۱۷
۳	وزن خشک ریشه (RDW)	۰/۰۰۳	۱/۰۰۰	۱۲۳۹/۸۰۰	۰/۰۱۸
مدل پیشنهادی	SDW=234.001-895EP+34.419K-4.422RDW				
شرایط شور					
۱	وزن خشک ریشه (RDW)	۰/۹۳۰	۰/۹۳۰	۱۰۶/۹۸۰	۰/۰۰۰۱
۲	نسبت پتاسیم به سدیم (K/Na)	۰/۰۵۶	۰/۹۸۷	۱۴/۰۳۰	۰/۰۰۷
مدل پیشنهادی	SDW=0.488+1.418RDW+0.011K/Na				

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1392.5.19.1.0]



شکل ۳: رابطه بین نسبت غلظت پتاسیم به سدیم با وزن خشک شاخساره ده رقم جو در دو شرایط مطلوب و شور (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر)

نتیجه‌گیری

شوری موجب کاهش سرعت و درصد سبز شدن، سطح برگ، وزن خشک شاخساره و ریشه، غلظت پتاسیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم و افزایش غلظت سدیم در همه ارقام جو گردید. به‌طورکلی، می‌توان ارقام افضل، کویر، کارون را در گروه متحمل؛ ارقام نصرت، جنوب، ماکویی و ارم را در گروه نیمه متحمل و ارقام گوهر، ریحان و شیرین را در گروه حساس تقسیم‌بندی کرد. ارقام دارای حداکثر درصد و سرعت سبزشدن، مانند نصرت، اگرچه دارای رشد اولیه مناسبی بودند، لیکن، مقاومت چندان زیادی به شوری از خود بروز ندادند، بنابراین، درصد و سرعت سبزشدن زیادتر صفت مهمی در انتخاب برای مقاومت به شوری به حساب نمی‌آید. از سوی دیگر، با توجه به رابطه معنی‌دار نسبت غلظت یون پتاسیم به سدیم با رشد گیاه؛ این صفت می‌تواند عامل مناسبی برای تعیین تحمل به شوری و یا دستورزی تحمل به شوری در بین ارقام جو به حساب آید.

منابع

امام، ی. ۱۳۹۰. زراعت غلات. چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه شیراز. ۱۹۰ص.

بهبودیان، ب.، لاهوتی، م. و نظامی، ا. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه‌زنی ارقام نخود، مجله علمی کشاورزی. ۲۸: ۱۳۷-۱۲۷.

تدین، م. و امام، ی. ۱۳۸۶. واکنش‌های فیزیولوژیک و مورفولوژیک دو رقم جو به تنش شوری و ارتباط آن با عملکرد دانه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱: ۲۵۳-۲۶۲.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]

Booth W.A. and Beardall, J. 1991. Effect of salinity on inorganic carbon utilization and carbonic anhydrase activity in the halotolerant algae *Dunaliella salina* (Chlorophyta). Phycologia 30: 220-225.

Godfreg, J., Onjango C. and Book, E. 2004. Sorghum and salinity. Crop Science 44:866-811.

Gorham, R.G., Jones W. and Donnell, E.M. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant and Soil 6:15-40.

Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology 31: 149-190.

Khosravaninejad, F., Heydari R. and Farboodnia, T. 2009. Growth and inorganic solute accumulation of two varieties in salinity. Pakistan Journal of Biological Science 12: 168-172.

Kingsbury, R.W., Epstein E. and Pearcy, R.W. 1984. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiology 74: 417-423.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59:651–81.

Naidoo, G. and Rughunanen, R. 19**90.** Salt tolerance in the succulent coastal halophytes, *Sarcocornia natalensis*. Journal of Experimental Botany 41:497-502.

Pakniat. H., Kazemipour A. and Mohammadi, G.A. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H.spontanum* C.KOCH) barley genotypes from Iran. Iran Agricultural Research 22: 45-62.

Pirasteh-Anosheh, H., Sadeghi H. and Emam, Y. 2011. The effects of KNO_3 and urea on germination, early growth, total protein and proline content of four maize hybrids (*Zea mays* L.) under drought and salt stress conditions. Journal of Crop Science and Biotechnology 14: 289 - 295.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G. Emam, Y. and Ashraf, M. 2014. Salicylic acid-induced recovery ability in salt-stressed *Hordeum vulgare* plants. Turkish Journal of Botany 38: 112-121.

Shiyab, S. 2011. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment 9: 350-356.

Tavakkoli E., P. Rengasamy and G.K. McDonald. 2010. High concentrations of Na^+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. Journal of Experimental Botany 61: 4449-4459.

Xue, Z.Y., Zhi, D.Y. Xue, G.P. Zhang, H. Zhao, Y.X. and Xia, G.M. 2004. Enhanced salt tolerance of transgenic heat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na^+/H^+ antiporter gene with improved yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na^+. Plant Science 167: 849–859.

Yilmaz, D.D. 2007. Effects of salinity on growth and nickel accumulation capacity of *Lemna gibba* (Lemnaceae). Journal of Hazardous Materials 147: 74–77.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1392.5.19.1.0]