واکنش‌های فیزیولوژیک و مرفولوژیک دو رقم جو به تنش شوری و ارتباط آن با عملکرد دانه

محمود رضا تدین[۱] و یحیی امام[۲]

چکیده

به منظور بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک دو رقم جو تحت تنش شوری، آزمایشی گلخانه‌ای در سال ۱۳۸۲-۱۳۸۳ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ارقام افضل و ریحان و پنج سطح شوری : صفر،۴، ۸، ۱۲و ۱۴ دسی زیمنس بر متر با۴ تکرار در قالب طرح کاملا تصادفی بود. تحت سطوح تنش شوری، درصد سبز شدن گیاهچه‌ها، تعداد پنجه، ارتفاع گیاه، تعداد و مساحت برگ در هر بوته و وزن خشک گیاه کاهش یافت، هر چند مقادیر کاهش برای رقم افضل (متحمل) در مقایسه با رقم ریحان (حساس) کمتر بود. با افزایش شدت تنش، غلظت یون سدیم اندام هوایی، در رقم ریحان بیشتر از رقم افضل بود در حالی که نسبت K^+/Na^+ در رقم افضل بیشتر از رقم ریحان بود. هم‌چنین با افزایش شدت تنش،هدایت روزنه ای، تعرق و فتوسنتز برگ‌ها کاهش یافت، ولی غلظتCO_2 زیر روزنه‌ای فقط تا سطح شوری۸ دسی زیمنس بر مترکاهش و پس از آن در هر دو رقم در سطح تنش۱۲دسی زیمنس بر متر افزایش یافت. دمای برگ نیز با ازدیاد تنش شوری در هر دو رقم افزایش یافت. بر اساس نتایج این آزمایش، درشرایط تنش شوری، تعداد ساقه بارور در هر بوته، تعداد سنبلک در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در رقم ریحان نسبت به رقم افضل کاهش بیشتری یافت. نتایج این پژوهش هم‌چنین نشان داد که تنش شوری، فرایندهای فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای، تعرق، فتوسنتز و اجزای عملکرد دانه را در رقم متحمل(افضل)کمتراز رقم حساس(ریحان) تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلظت کمتر یون سدیم و نسبت بیشتر K^+/Na^+ در اندام هوایی می‌تواند به‌عنوان معیاری در انتخاب ارقام متحمل جو جهت کشت در شرایط تنش شوری مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جو، شوری، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، اجزای عملکرد

مقدمه

شوری یکی از مشکلات مهم در اراضی کشاورزی دنیا می‌باشد به‌طوری‌که هر ساله میلیون‌ها تن نمک از راه آب آبیاری وارد خاک‌های زراعی می‌شود(۱۷). سطح اراضی شوردر ایران ۲۵ میلیون هکتاراست که به‌دلیل مدیریت ضعیف آبیاری، این سطح رو به افزایش است(۲۲). تأثیرمحیط‌های شور بر گیاهان شامل:کاهش پتانسیل آب ناشی از وجود نمک‌ها در محیط ریشه، اثر سمیت یون‌ها به‌ویژه یون‌های سدیم و کلر(۲۰) و عدم تعادل یونی بین یون‌های سدیم، کلر، پتاسیم، نیترات و فسفات می‌باشد(۱۱).

۱. دانشجوی سابق دکتری زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز و در حال حاضر استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

در تحت تنش شوری سرعت جوانه زنی بذرها و درصد سبز شدن نهال بذرهای جو کاهش می‌یابد(۵). شوری باعث کاهش تولید ماده خشک، سطح برگ و نسبت ساقه به ریشه در تعدادی از گیاهان و از جمله جو می‌شود (۲۶). نتایج تحقیقات گورهام و همکاران(۱۱) نشان داد که واریته‌های جو در شرایط شور تعداد کمتری پنجه تولید کرده‌اند. با افزایش سطح شوری، تعداد، عرض و ضخامت برگ‌های جو نیز کاهش یافت. این موضوع می‌تواند به علت کاهش پتانسیل آب و تورژسانس برگ در تحت تنش شوری باشد(۱۵). در این شرایط فتوسنتز گیاه در واحد سطح برگ به دلیل بسته شدن روزنه‌های برگ‌ها و کاهش سرعت تبادلCO_2 (۲۳) و محدودیت گسترش برگ‌ها کاهش می‌یابد(۱۰). تنش شوری باعث کاهش طول دوره تشکیل ناحیه نمو انتهایی، کوتاهی دوره گل‌دهی و تسریع در پیری گیاه جو می‌شود. (۲۷)در تحت تنش شوری درصد به دانه نشستن، تعداد دانه و وزن هر دانه در سنبله جو کاهش می‌یابد (۱۱).

در بررسی اثر تنش شوری بر گیاهان، اندازه‌گیری یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت بین آنها می‌تواند به عنوان شاخصی از تحمل به شوری مورد استفاده قرار گیرد، به‌طوری که ارقام جو متحمل به شوری میزان پتاسیم بالاتری در مقایسه با سدیم در سلول‌های خود دارند(۲۲). تفاوت‌های رشدی و روابط یونی در بین ارقام زراعی جو در تحت شرایط شور نشان دهنده پتانسیل‌های متفاوت ژنتیکی ارقام جو در تحمل به تنش شوری می‌باشد. استفاده از پتانسیل تحمل گیاهان به شوری، علاوه برفراهم ساختن امکان بقای آنها در شرایط شور، می‌تواند به ثبات تولید عملکرد دانه، در محیط‌های تنش‌زا کمک نماید.

در مطالعات اخیر ارقام جو افضل و ریحان به ترتیب به‌عنوان اقام متحمل و حساس به تنش شوری شناخته شده‌اند(۲۲) بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر مطالعه واکنش‌های فیزیولوژیک و مرفولوژیک این دو رقم به تنش شوری است تا با شناخت بهتر این واکنش‌ها، امکان دستیابی به‌عملکردهای دانه بیشتر در شرایط شور فراهم گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال۱۳۸۲ -۱۳۸۳در گلخانه تحقیقاتی بخش زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار و با ۵ سطح شوری خاک شامل : صفر ۴، ۸، ۱۲ و ۱۴دسی زیمنس بر متر و ۲ رقم جو زراعی شامل : جو ریحان (حساس به شوری) و جو افضل (متحمل به شوری) انجام شد.کاشت بذرها در گلدان‌های پلاستکی با قطر۲۰ و ارتفاع ۱۴ سانتی‌متر صورت گرفت. ابتدا هر گلدان با ۳ کیلو گرم خاک پر گردید. خاک گلدان‌ها قبل از آزمایش مورد آزمون خاک قرار گرفت و بر اساس نتایج حاصل، ۰/۳ گرم اوره و ۰/۱۵ گرم سوپر فسفات تریپل به خاک هر گلدان اضافه شد. سطوح تیمارهای شوری از طریق انحلال نمک کلرید سدیم به آب معمولی تا رسیدن به هدایت الکتریکی مورد نظر بر اساس تیمارهای آزمایش ایجاد گردیدو گلدان‌ها پس از کاشت بذرها، با آب شور در تیمارهای شوری و با آب معمولی در تیمار شاهد آبیاری گردیدند. در زیر هر گلدان، یک زیرگلدانی قرار داده شد تا امکان برگردانیدن زه گلدان به درون گلدان فراهم شود. بذور هر دو رقم جو با قارچکش ویتاواکس ضد عفونی و ۱۰ بذر در هر گلدان کاشته شد . آبیاری‌های بعدی بر اساس محاسبه رطوبت وزنی خاک و تا حد ظرفیت مزرعه در هر گلدان صورت گرفت. 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 بوته‌های اضافی حذف شدند. در خلال مراحل رشد بوته‌ها، تعداد پنجه، ارتفاع گیاه، تعداد و مساحت برگ‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل AF-Delta، وزن خشک بوته‌ها پس از قرار دادن در آون به مدت ۷۲ ساعت با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد، شاخص برداشت، هم‌چنین مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی توسط دستگاه Flame Photometer و نسبت K^+/Na^+ جهت ارزیابی ارقام در مقاومت به شوری، اندازه‌گیری شد. هم‌زمان، بر اساس تقسیم بندی مراحل رشد جو (۳۱)، در طی ۳ مرحله رشد، شامل پنجه زنی(ZGS=۲۵)،

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		تعداد پنجه	تعداد برگ هر بوته	سطح برگ هر بوته	وزن خشک در مرحله رسیدن			تعداد دانه در واحد سطح	وزن هزار دانه	شاخص برداشت
تیمار	۷	۶/۰۷۴**	۱۱۲/۴۹۱**	۶۱۳/۹۴۲**	۲۹/۹۰۸**	تیمار	۵	۲۷۱/۳۸۹**	۲۵۶/۶۷۵**	/۰۴۰**
رقم	۱	۳۹/۲۹۰**	۶۰۷/۰۷۲**	۲۹۹۳/۴۰۴**	۱۴۱/۸۲۳**	رقم	۱	۱۰۱۳/۹۶۸**	۱۰۰۶/۴۳**	/۱۵۳**
شوری	۳	/۷۱۶**	۴۹/۷۴۶**	۴۲۸/۸۲۱**	۱۲/۴۹۲**	شوری	۲	۱۵۹/۱۲۹**	۱۲۲/۹۴۷**	/۰۱۸**
اثر متقابل	۳	/۳۵۹**	۱۰/۳۷۵**	۵/۹۰۹**	۱۰/۰۱۸**	اثر متقابل	۲	۱۲/۳۵۸**	۱۵/۵۲۲**	/۰۰۵**
خطا	۲۴	/۰۸۱	۱/۶۲۳	/۶۵۹	/۰۱۱	خطا	۱۸	/۰۳۹	/۰۰۸۵	/۰۰۰۷

** : معنی دار در سطح احتمال ۱٪

ساقه رفتن(ZGS=۳۵) و گل‌دهی(ZGS=۶۵) هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز بالاترین برگ و برگ پرچم در مرحله گل‌دهی در هر بوته توسط دستگاه فتوسنتزمتر (مدل LCi) اندازه‌گیری شد. بوته‌های هر گلدان، پس از رسیدن برداشت شد و به منظور بررسی تنش شوری بر اجزای عملکرد دانه ارقام جو، تعداد سنبله، تعداد سنبلک در هر سنبله، تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه و وزن خشک بوته‌ها اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع آوری شده با برنامه MSTATC تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

به دلیل این که تیمارهای شوری از ابتدای کاشت بذرها اعمال شده بودند تعیین درصد سبز شدن و واکنش بذرها به تیمارهای مختلف شوری به عنوان عامل موثر در تضمین تولید محصول در ارقام مقاوم اهمیت زیادی دارد. درصد سبز شدن بذرها در بین سطوح مختلف شوری اختلاف کاملاً معنی‌داری نشان داد. از بین ۵ سطح شوری، بیشترین درصد سبز شدن مربوط به سطح صفر شوری و کمترین آن، مربوط به سطح شوری۱۲دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). در سطح شوری۱۴دسی زیمنس بر متر، بذرهای هیچ یک از دو رقم جوانه نزده و سبز نشدند. اثرات منفی شوری برجوانه زنی و سبز شدن بذرها، ممکن است به‌علت کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر شوری بوده که در این شرایط، بذرها قادر به جذب آب کمتری می‌باشند (۱و۱۳). هم‌چنین وجود مقادیر بالای یون‌های سدیم و کلر ممکن است اثرات سمی و بازدارنده‌ای بر غشای سلول‌های بذر بر جای گذارد(۲۰).

در دو سطح صفر شوری و ۴ دسی زیمنس بر متر، تفاوت معنی‌داری بین پنجه زنی دو رقم مشاهده نشد (جدول۲). در سطوح شوری ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر، تعداد پنجه در هر بوته در هر دو رقم، نسبت به سطح صفر شوری اختلاف معنی‌داری نشان داد. در سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر، تعداد پنجه در رقم افضل(متحمل) ۲ برابر رقم ریحان (حساس) بود(جدول۲). با توجه به این که گیاه جو در مراحل اولیه رشد، هنوز از بنیه قوی برخوردار نبوده و قبل از پنجه زنی و در مراحل جوانه زنی نیز تحت تنش شوری قرارداشته است تنش شوری می‌تواند باعث تأخیر در ظهور پنجه‌ها و یا ضعیف ماندن آنها شود (۲و۲۴).

اثرهای اصلی و اثرمتقابل ارقام و تنش‌های شوری بر تعداد برگ در هر بوته، در مرحله گل‌دهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود(جدول۱). با افزایش سطوح تنش شوری، تعداد برگ در هر بوته در هر دو رقم کاهش یافت. با افزایش سطوح تنش از صفر به ۱۲ دسی زیمنس بر متر، سطح برگ در هر دو رقم افضل و ریحان کاهش یافت. هر چند که میزان

جدول ۲. تأثیر تنش شوری بر ویژگی های مرفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام زراعی جو

شوری dS/m	رقم	درصد سبزشدن بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد کل برگ در هر بوته در مرحله گل‌دهی	سطح برگ هر بوته در مرحله گل‌دهی (Cm^2)	وزن خشک هربوته درمرحله گل‌دهی (g)	وزن خشک هربوته درمرحله رسیدن (g)
۰	افضل	۹۹/۶	۳/۳۳^{a}	۲۱/۱۲^{a}	۹۳/۷۸^{a}	۳/۷۱^{a}	۷/۲۸^{a}
	ریحان	۹۹/۶	۳/۳۳^{a}	۲۰/۸۰^{a}	۹۰/۱۷^{ab}	۳/۷۴^{a}	۷/۲۵^{a}
۴	افضل	۸۶/۰	۳/۰۰^{a}	۱۶/۳۳^{b}	۸۵/۶۰^{bc}	۲/۴۴^{b}	۳/۵۹^{b}
	ریحان	۷۹/۰	۲/۴۵^{a}	۱۴/۶۷^{c}	۷۷/۸۶^{d}	۲/۶۷^{c}	۳/۰۰^{c}
۸	افضل	۷۱/۰	۲/۰۰^{b}	۱۱/۰۹^{d}	۷۵/۶۳^{d}	۱/۴۷^{d}	۱/۳۴^{d}
	ریحان	۶۲/۰	۱/۰۰^{c}	۹/۶۷^{e}	۶۸/۸۷^{e}	۱/۱۶^{de}	۱/۰۴^{d}
۱۲	افضل	۳۵/۰	۱/۰۰^{c}	۸/۶۷^{f}	۶۶/۶۴^{ef}	۰/۸۸^{ef}	/۹۸^{e}
	ریحان	۲۴/۰	۱/۰۰^{c}	۷/۸۱^{g}	۵۷/۱۰^{f}	۰/۷۲^{f}	/۹۱^{e}
۱۴	افضل	۰	–	–	–	–	–
	ریحان	۰	–	–	–	–	–

– : حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در بین تیمارها می باشد.

کاهش در رقم ریحان(حساس) در همه سطوح تنش شوری بیشتر از رقم افضل (متحمل) بود (جدول۲). کاهش سطح برگ ممکن است ناشی از کاهش سرعت تقسیم سلولی و یا کاهش سرعت گسترش سلول‌ها(۲۷) و یا به علت کم شدن تورژسانس سلولی گیاه باشد(۹).کاهش سطح برگ به همراه کاهش تعداد برگ‌ها، مسن شدن و نکروزه شدن آنها در اثر شوری(۲۷)، به کاهش سرعت فتوسنتز بوته‌ها منجر می‌شود(۱۹).

نتایج آزمایش نشان داد که اثر عوامل اصلی و اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر وزن خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود(جدول۱). به طوری که درمراحل گل‌دهی و رسیدن کامل گیاه، با افزایش سطوح شوری از صفر به۱۲ دسی زیمنس بر متر، وزن خشک هر بوته در هر دورقم افضل و ریحان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. هر چند که این کاهش در رقم افضل(متحمل) درمقایسه با رقم ریحان(حساس) در هر یک از سطوح شوری، کمتر بود(جدول۲). سوهیدا و همکاران(۲۶) گزارش کردند که شوری باعث کاهش تولید ماده خشک در گیاه جو شد. در آزمایش هانگ و ردمن(۱۵) هم تنش شوری باعث کاهش ماده خشک در رقم هانینگتون شد.

فرایندهای فیزیولوژیک

غلظت Na^+،K^+ و نسبت K^+/Na^+ در شاخساره:

بر اساس نتایج آزمایش عوامل اصلی و اثرهای متقابل تیمارها بر غلظت Na^+ در اندام هوایی گیاه در سطح احتمال یک درصد تفاوت کاملا معنی‌دار نشان دادند (جدول۱). غلظت Na^+ دررقم ریحان(حساس) در مقایسه با رقم افضل (متحمل) به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد به‌طوری‌که در سطح تنش شوری۱۲ دسی زیمنس بر متر، رقم ریحان دارای بیشترین غلظت یون سدیم (۲۳/۱۶میلی‌گرم بر گرم) بود. در حالی‌که در همین سطح شوری، غلظت این یون، در رقم افضل ۱۵/۹۲ میلی‌گرم بر گرم بود (جدول۳). مقایسه دورقم افضل و ریحان حتی درسطح صفر شوری نشان داد که، غلظت Na^+ درشاخساره رقم افضل (متحمل) کمتر از رقم ریحان (حساس) بوده است. پاک نیت و همکاران(۲۲) نیز در بررسی واکنش ارقام جو وحشی و اهلی

جدول ۳. غلظت Na^+ و نسبت K^+/Na^+ در اندام هوایی ارقام زراعی جو تحت سطوح مختلف شوری

اثراصلی تیمارشوری dS/m	Na^+ mg/g	K^+/Na^+	اثرمتقابل شوری dS/m با رقم		Na^+ mg/g	K^+/Na^+
۰	۱۰/۱۸^{d}	۳/۴۹^{a}	۰	افضل	۸/۹۷^{h}	۴/۱۹^{a}
			۴	افضل	۱۲/۱۸^{f}	۳/۲۳^{b}
۴	۱۶/۰۶^{c}	۲/۶۹^{b}	۸	افضل	۱۴/۵۲^{e}	۲/۸۳^{c}
			۱۲	افضل	۱۵/۹۲^{d}	۲/۳۲^{d}
۸	۱۸/۴۱^{b}	۲/۳۵^{c}	۰	ریحان	۱۱/۳۹^{g}	۳/۲۷^{b}
			۴	ریحان	۱۹/۹۴^{c}	۲/۱۴^{d}
۱۲	۱۹/۵۴^{a}	۱/۸۸^{d}	۸	ریحان	۲۲/۲۹^{b}	۱/۸۷e
			۱۲	ریحان	۲۳/۱۶^{a}	۱/۴۳^{f}

- : حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در بین تیمارها می باشد.

به نتایج مشابهی دست یافتند. هم‌چنین، گورهام و همکاران (۱۲) بیان کردند که بین غلظت کم یون سدیم و تحمل به نمک در جو هم‌بستگی وجود دارد. بنابر این، میزان سدیم اندام هوایی ممکن است به‌عنوان شاخصی برای تحمل به شوری در غلات در نظر گرفته شود (۷). اندازه‌گیری نسبت K^+/Na^+ نشان داد که این نسبت دررقم افضل (متحمل) در سطوح تنش شوری، بیشتر از رقم ریحان (حساس) بود(جدول ۳). این در حالی بود که در رقم ریحان (حساس) نسبت K^+/Na^+ فقط در تیمار صفر شوری بالا بود و در بقیه سطوح شوری این نسبت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. خاتون و فلوورز(۱۶) نشان دادند که رابطه مستقیمی بین غلظت کم Na^+ و تحمل به نمک در برنج وجود دارد. پاک نیت و همکاران(۲۲) اظهار داشتند که غلظت بیشتر K^+ و نسبت بیشر K^+/Na^+ می‌تواند از ویژگی‌های ارقام متحمل به شوری در جو باشد.

هدایت روزنه‌ای

مقدار هدایت روزنه‌ای درمراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل‌دهی با افزایش سطوح تنش از صفر به۱۲ دسی زیمنس بر متر به طور معنی‌داری کاهش یافت(جدول۴)، به طوری‌که بیشترین مقدار آن در هر سه مرحله در سطح صفرشوری به ترتیب برابر ۰/۰۲۵، ۰۵۵/ و۰/۰۴۱ $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ بود و کمترین آن مربوط به سطح شوری۱۲ دسی زیمنس بر متردر سه مرحله به‌ترتیب برابر با ۰/۰۱۶، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۱۵ $mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ بود (جدول۴). در بین دو رقم افضل و ریحان، به‌جز در سطح شوری صفر که هدایت روزنه‌ای، تفاوت معنی‌داری نداشت در سایر سطوح شوری، اختلاف معنی‌داری بین هدایت روزنه‌ای رقم‌ها مشاهده شد و در هر سطح شوری، هدایت روزنه‌ای رقم افضل در مقایسه با رقم ریحان بیشتر بود(جدول۴). بدون شک فشار تورژسانس مسئول باز و بسته شدن روزنه‌ها توسط سلول‌های محافظ روزنه می‌باشد.در تحت شرایط این آزمایش نیز هدایت روزنه‌ای به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب برگ کاهش یافته است. نتایج پژوهش‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که کاهش هدایت روزنه‌ای به علت بسته شدن روزنه‌ها باعث کاهش ورود CO_2 به فضای زیر روزنه‌ای شده و

جدول ۴. تأثیر سطوح تنش شوری بر هدایت روزنه‌ای ($mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$)

سطوح شوری dS/m	رقم	مرحله پنجه زنی	مرحله ساقه رفتن	مرحله گل‌دهی
اثر اصلی				
۰	–	/۰۲۵^{a}	۰/۰۵۵^{a}	۰/۰۴۱^{a}
۴	–	/۰۲۲^{b}	۰/۰۴۵^{b}	۰/۰۳۳^{b}
۸	–	۰/۰۱۹^{c}	۰/۰۳۳^{c}	۰/۰۲۱^{c}
۱۲	–	۰/۰۱۶^{d}	۰/۰۲۵^{d}	۰/۰۱۵^{d}
اثرمتقابل				
۰	افضل	۰/۰۲۷^{a}	۰/۰۵۸^{a}	۰/۰۴۳^{a}
	ریحان	۰/۰۲۵^{a}	۰/۰۵۲^{a}	۰/۰۴۱^{a}
۴	افضل	۰/۰۲۳^{b}	۰/۰۴۹^{b}	۰/۰۳۹^{b}
	ریحان	۰/۰۲۱^{c}	۰/۰۴۱^{c}	۰/۰۲۸^{c}
۸	افضل	۰/۰۱۹^{d}	۰/۰۳۳^{d}	۰/۰۲۶^{c}
	ریحان	۰/۰۱۸^{e}	۰/۰۳۳^{d}	۰/۰۱۹^{d}
۱۲	افضل	۰/۰۱۸^{e}	۰/۰۲۶^{e}	۰/۰۱۴^{e}
	ریحان	۰/۰۱۴^{f}	۰/۰۲۳^{f}	۰/۰۱۱^{f}

- : حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ در بین تیمارها می باشد.

از میزان فتوسنتز کاسته می‌شود(۲۱). یاو و همکاران(۳۰) هم نشان دادند که تبادلات گازی برگ، با غلظت یون‌های Na و Cl در غشای سلول ارتباط دارد و علت آن را به اثرات سمی یون‌ها، در شرایط شورنسبت داده اند. هانستین و فل(۱۴) نیز، بسته شدن روزنه‌ها به علت کاهش تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه را، ناشی ازغیر قطبی شدن غشای سلول‌ها در اثر آنیون کلر یا غیر فعال شدن پمپ پروتون دانسته‌اند.

فتوسنتز

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش سطوح تنش شوری از صفر به۱۲ دسی زیمنس بر متر، میزان تثبیت CO_2 در بوته‌های هر دورقم جو در هر یک از مراحل پنجه زنی،ساقه رفتن و گل‌دهی کاهش یافت (جدول۵). بیشترین مقدار تثبیت CO_2 در تیمار صفر شوری اندازه‌گیری شد و برای مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل‌دهی به ترتیب $\mu\ mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ۱۳/۹۳، ۱۵/۰۵ و۱۷/ ۵۳ بود و کمترین مقدار آن در سطح شوری۱۲ دسی زیمنس بر متر، به ترتیب برای مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل‌دهی برابر $\mu\ mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ ۱۱/۳۰، ۱۲/۳۹ و ۱۲ /۷۶ بود.

روند کاهش میزان فتوسنتز تحت شرایط تنش، مشابه روند کاهش هدایت روزنه‌ای بود. نتایج راسون(۲۳) هم حاکی از این است که تنش شوری باعث کاهش سرعت تبادل CO_2 در

جدول ۵. تأثیر سطوح تنش شوری بر میزان فتوسنتز

شوری dS/m	رقم	میزان فتوسنتز μ mol CO_2 m^{-2} s^{-1} مرحله پنجه زنی	مرحله ساقه رفتن	مرحله گل‌دهی
اثراصلی				
۰	–	۱۳/۹۳^{a}	۱۵/۰۵^{a}	۱۷/۵۵^{a}
۴	–	۱۲/۵۰^{b}	۱۳/۵۹b	۱۶/۱۱^{b}
۸	–	۱۲/۰۳^{c}	۱۲/۸۳^{c}	۱۴/۴۴^{c}
۱۲	–	۱۱/۳۰^{d}	۱۲/۳۹^{d}	۱۲/۷۶^{d}
اثرمتقابل				
۰	افضل	۱۴/۱۲^{a}	۱۵/۳۲^{a}	۱۷/۹۳^{a}
	ریحان	۱۳/۷۴^{b}	۱۵/۳۸^{a}	۱۷/۱۲^{a}
۴	افضل	۱۲/۸۳^{c}	۱۴/۰۰^{b}	۱۶/۲۴^{b}
	ریحان	۱۲/۱۶^{d}	۱۳/۱۸^{c}	۱۵/۹۸^{c}
۸	افضل	۱۲/۱۷^{d}	۱۳/۰۴^{d}	۱۴/۸۷^{d}
	ریحان	۱۱/۸۸^{e}	۱۲/۶۲^{e}	۱۴/۰۱^{e}
۱۲	افضل	۱۱/۳۴^{f}	۱۲/۶۱^{e}	۱۲/۳۷^{f}
	ریحان	۱۱/۲۶^{f}	۱۲/۱۷^{f}	۱۲/۲۸^{g}

– : حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ در بین تیمارها می باشد.

برگ‌های جو می‌شود که این کاهش به تجمع NaCl در پهنک برگ‌ها نسبت داده شده است. به اعتقاد دلفین و همکاران(۶)، تنش شوری با کاهش هدایت مزوفیلی و فتوسنتز همراه است. کینگربری و همکاران(۱۷) هم نشان دادند که در ارقام مقاوم به شوری، فتوسنتز خالص بیشتر از ارقام حساس به شوری می‌باشد.

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

تعداد ساقه بارووردر هر بوته

تعداد ساقه بارور در هر بوته با افزایش سطوح تنش شوری از صفر به۱۲ دسی زیمنس بر متر، به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول۶). در سطح تنش شوری۱۲ دسی زیمنس بر متر، هیچ یک از ارقام افضل و ریحان تولید ساقه بارور ننموده و بعد از مرحله ساقه دهی، بوته‌ها زرد و خشک شدند. با توجه به این که تعداد ساقه بارور (تعداد سنبله) از اجزای اصلی تعیین کننده عملکرد غلات دانه‌ای می‌باشد(۱)، کاهش آنها موجب افت عملکرد دانه می‌شود. سیلبربوش و لیپس(۲۵) هم نشان دادند که تحت تنش شوری، کاهش تعداد ساقه بارور در هر بوته گندم موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

جدول ۶. تأثیر سطوح تنش شوری بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه ارقام جو

شوری dS/m	رقم	تعدادساقه بارور در هر بوته	تعداد سنبلک در هر سنبله	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت
۰	افضل	۲/۶۶[a]	۳۷[a]	۳۵/۰۰ [a]	۳۵/۲۴[a]	۰/۴۵[a]
	ریحان	۲/۶۱[a]	۳۶[a]	۳۴/۰۰ [a]	۳۵/۱۹[a]	۰/۴۳[a]
۴	افضل	۲/۰۰[b]	۳۲[b]	۲۶/۶۷ [b]	۲۶/۶۲[b]	۰/۴۱[b]
	ریحان	۲/۰۰[b]	۲۹[c]	c۲۴/۰۰	۲۲/۴۸[c]	۰/۳۶c
۸	افضل	۱/۰۰[c]	۲۷[d]	۱۸/۳۳[d]	۱۹/۲۵[d]	۰/۲۶[d]
	ریحان	۱/۰۰[c]	۲۳[e]	۱۴/۶۷[e]	۱۶/۲۳[e]	۰/۲۱ [e]

- : حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن نشان دهنده عدم اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ در بین تیمارها می‌باشد

تعداد سنبلک ودانه در هر سنبله و وزن هزار دانه

با افزایش شدت تنش شوری از صفر به ۸ دسی زیمنس بر متر، تعداد سنبلک و دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه در هر دو رقم به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). تعداد سنبلک و تعداد دانه در هرسنبله و وزن هزار دانه در سطوح تنش شوری در رقم افضل (متحمل) کمتر از رقم ریحان (حساس) تحت تأثیرسوء شوری قرار گرفت. کاهش تعداد سنبلک در هر سنبله ناشی از تأثیر مستقیم تنش شوری بر اجزای عملکرد در مراحل پیش از گرده افشانی می‌باشد(۱۸). در حالی‌که کاهش تعداد دانه درهر سنبله جو ممکن است هم نتیجه کاهش تعداد سنبلک‌ها در هر سنبله(۱۸)، و هم ناشی از عقیمی گلچه‌های موجود در هر سنبله باشد(۴). فرانکوئیس و همکاران (۸) اظهار داشتند که شوری وزن دانه را از راه کوتاه کردن دوره پرشدن دانه و تسریع در بلوغ دانه‌ها کاهش می‌دهد. تأثیر تنش شوری بر وزن دانه، به زمان اعمال تنش و غلظت نمک در محیط رشد بستگی دارد به طوری که اعمال تنش در مراحل اولیه نمو گیاه، به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، تأثیر بیشتری بر کاهش وزن دانه در هر سنبله می‌گذارد(۲۷).

شاخص برداشت

حداکثر شاخص برداشت در تیمارصفر شوری و برای ارقام افضل و ریحان به ترتیب ۴۵٪و ۴۳٪ بود(جدول۶). با افزایش سطح شوری از صفر به۸ دسی زیمنس بر متر، شاخص برداشت به‌طور کاملاً معنی‌داری کاهش یافت . مقایسه شاخص برداشت بین دو رقم افضل و ریحان در سطوح تنش شوری نشان داد که شاخص برداشت رقم افضل(متحمل) بیشتر از رقم ریحان(حساس) بود(جدول۶). شوری تسهیم مواد پرورده در گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شاخص برداشت به تنش‌های محیطی حساس می‌باشد(۱۲). نتایج‌اش و همکاران(۳) حاکی از این بود که کاهش عملکرد در برنج در محیط شور به علت بازدارندگی رشد گیاه و کاهش شاخص برداشت بوده است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش حاضر نشان داد که تنش شوری ارقام مختلف جو را به نحو متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهد به طوری که رقم افضل(متحمل) کمتر از رقم ریحان(حساس) تحت تأثیر سوء تنش شوری قرار می‌گیرد. این موضوع با غلظت بیشتر Na^+ ونسبت کمتر K^+/Na^+ در اندام هوایی رقم حساس همراه بود. افزایش نسبت K^+/Na^+ در ارقام متحمل

می‌تواند بر فرایندهای فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای و فتوسنتزگیاه تأثیر مثبتی داشته باشد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد در شرایط تنش شوری شود. در مجموع با توجه به حساسیت گیاه جو، در مراحل اولیه رشدی و نموی نسبت به تنش شوری، از دیدگاه زراعی استفاده از ارقام مقاوم و مصرف زیادتر بذردر واحد سطح به منظور جبران تلفات ساقه‌های بارور در شرایط تنش شوری ممکن است امکان دستیابی به عملکرد بیشتر دانه را فراهم نماید..

منابع مورد استفاده

۱. افیونی، د.، م. محلوجی و ا. قندی. ۱۳۸۰. بررسی عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی چند رقم گندم در تراکم‌های مختلف در تنش شوری. هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد.

۲. امام .ی. ۱۳۸۲. *زراعت غلات*. انتشارات دانشگاه شیراز.

3. Ash, F., M. Dingkuhn and K. Dorffling. 1997. Physiological stresses of irrigated rice caused by soil salinity in the Sahel. PP. 247-273. *In:* K. M. Miezan, M. C. S. Wopereis and T. F. Randolph (Eds.), Irrigated Rice in the Sahel: Prospect for Sustainable Development. India.
4. Ash, F. M. Dingkuhn and K. Dorffling. 2000. Salinity increases CO2 assimilation but reduces growth in field-grown irrigated rice. Plant and Soil 218: 1-10.
5. Bliss, R.D., P. K. A. Aloir and W.W. Thamson.1986. Osmotic sensitivity in relation to salt sensitivity in germinating barely seed. Plant Cell Environ. 9: 721-725.
6. Delfine. S., A. Alvin., M. Zacchin and F. Lareto. 1998. Consequence of salt stress on conductance to CO2 diffusion Rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. Aust. J. Plant Physiol. 85: 395-402.
7. Flowers,T. j., P. F. Troke and A. R. Yeo. 1997. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant physiol. 28:98-121.
8. Francois, L. E., C. M. Grieve., E. V. Mass and S. M. Lesch. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agron. J. 86: 100-107.
9. Frick, W and W. S. Peters. 2002. The biophysics of leaf growth in salt-stressed barley. A study at the cell level. Plant Physiol. 129: 374-388.
10. Godfrey, J., C. Onjango and E. Beek. 2004. Sorghum and salinity. Crop Sci. 44: 806-811.
11. Gorham, R. G., W. Jones and E. M. Donnell. 1985. Some mechanisms of salt tolerance in crop plants. Plant and soil 6: 15-40.
12. Gorham, R. G., R. Papa and M Aloy-Leonard. 1994. Varietal differences in Na uptake in barley cultivars exposed to soil salinity or salt spray. J. Exp. Bot. 45:895-901.
13. Hampson,C. R. and G. M. Simpson. 1990. Effects of temperature, salt and osmotic potential on early growth of wheat (*Triticum aestivum*). I. Germination. Can. J. Bot. 68:524-528.
14. Hanstein, S. M. and H. H. Felle. 2002. CO2-triggered chloride release from guard cells in intact faba bean leaves. Kinetics of the onset of stomatal closure. Plant Physiol. 130: 940-950.
15. Haung. J. and R. E. Redman. 1995. Responses of growth, morphology and anatomy to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. Can. J. Bot. 73: 1859-1866.
16. Khaton, S. and T. J. Flowers. 1995. Effect of salinity on seed set in rice. Plant Cell Environ. 18: 61-87.
17. Kingsbury, R. W., E. Epstein and R. W. Pearcy. 1983. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. Plant Physiol. 74: 417-423.
18. Mass, E. V. and C. M. Grieve. 1990. Spike and leaf development in salt –stress of wheat. Crop Sci. 30:1309-1313.
19. Munns, R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils. Some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16: 15-24.
20. Naidoo, G. and R. Rughunanen. 1990. Salt tolerance in the succulent coastal halophytes, *Sarcocarnia natalensis*. J. Exp. Bot. 41: 497- 502.
21. Ouerghi, Z., G. Cornie., M. Roudani., A. Ayadi and J. Bruifert. 2000. Effect of NaCl on the photosynthesis of two wheat species differing in their sensitivity to salt stress. Plant Physiol. 15: 519-527.
22. Pakniat, H., A. Kazemipour and G. A. Mohammadi. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. spontanum* C. KOCH) barley genotypes from Iran. Iran Agric. Res. 22: 45-62.

23. Rawson, H. M. 1986. Gas exchange and growth in wheat and barley grown in salt. Aust. J. Plant Physiol. 13: 475-489.
24. Rickman, R. W., B. L. Klepper and C. M. Peterson. 1983. Time distributions for describing appearance of specific culms of winter wheat. Agron. J. 75:551-556.
25. Silberbush, M. and S. H. Lipps. 1991. Potassium, ammonium/nitrate ratio and sodium chloride effects on wheat growth. II. Tillers and grain yields. J. Plant Nutr. 14:765-773.
26. Suhayda, C. G., R. E. Redmann, B. L. Harvey and A. L. Cipywnyk. 1992. Comparative response of cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. Crop Sci. 32: 154-163.
27. Volkmar, K. M. , H. Hu and H. Stephun. 1997. Physiological responses of plants to salinity: A review. Can. J. Plant Sci. 78:19-27.
28. Willmer, C. and M. Fricker. 1996. Stomata. Chapman and Hall, London.
29. Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1983. Varietal differences of sodium ions in rice leaves. Physiol. Plant. 59: 189-195.
30. Yeo. A. R., S. J. M. Capon and T. J. Flowers. 1985. The effects of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativa*): gas exchange by individual leaves in relation to their salt content. J. Exp. Botany 36: 1240-1248.
31. Zadoks, J. C. , T. T. Chang and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.