

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، ۱۲ و ۱۶ دسی زیمنس بر متر با ۴ تکرار در قالب طرح کاملاً 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 کاہش یافت، هر چند مقادیر کاہش برای رقم افضل (متحمل) در مقایسه با رقم ریحان (حساس) کمتر بود. با افزایش شدت تنش، غلظت یون سدیم اندام هواپی، 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 روزنه‌ای، تعرق و فتوستترز برگ‌ها کاہش یافت، ولی غلظت CO_2 زیر روزنی‌های فقط تا سطح شوری ۸ دسی زیمنس بر متر کاہش و پس از آن در هر دو رقم در سطح تنش ۱۲ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت. دمای برگ نیز با ازدیاد تنش شوری در هر دو رقم افزایش یافت. بر اساس نتایج این آزمایش، در شرایط تنش شوری، تعداد ساقه بارور در هر بوته، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در رقم ریحان نسبت به رقم افضل کاہش بیشتری یافت. نتایج این پژوهش هم‌چنین نشان داد که تنش شوری، فرایندهای فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای، تعرق، فتوستترز و اجزای عملکرد دانه را در رقم متتحمل (افضل) کمتر از رقم حساس (ریحان) تحت تأثیر قرار می‌دهد. غلظت کمتر یون سدیم و نسبت بیشتر K^+/Na^+ در اندام هواپی می‌تواند به عنوان معیاری در انتخاب ارقام متتحمل جو جهت کشت در شرایط تنش شوری مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جو، شوری، هدایت روزنی‌ای، فتوستترز، اجزای عملکرد

مقدمه

رو به افزایش است (۲۲). تأثیر محیط‌های شور بر گیاهان شامل: کاہش 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، پتانسیم، نیترات و فسفات می‌باشد (۱۱).

شوری یکی از مشکلات مهم در اراضی کشاورزی دنیا می‌باشد به‌طوری که هر ساله میلیون‌ها تن نمک از راه آب آبیاری وارد خاک‌های زراعی می‌شود (۱۷). سطح اراضی سوردر ایران ۲۵ میلیون هکتار است که به‌دلیل مدیریت ضعیف آبیاری، این سطح

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

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۲-۱۳۸۳ در 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، ۱۶ و ۲۰ ادسی زیمنس بر متر و ۲ رقم جو زراعی شامل: جو ریحان (حساس به شوری) و جو افضل (متتحمل به شوری) انجام شد. کاشت بذرها در گلدان‌های پلاستکی با قطر ۲۰ 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، 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 ترا رسیدن به هدایت الکتریکی مورد نظر بر اساس تیمارهای آزمایش ایجاد گردید و 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 عفنی 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 Flame Photometer سدیم و پتاسیم اندام هوایی توسط دستگاه 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)،

در تحت تنش شوری سرعت جوانه زنی بذرها و درصد سبز شدن نهال بذرهای جو کاهاش می‌یابد^(۵). شوری باعث کاهاش تولید ماده خشک، سطح برگ و نسبت ساقه به ریشه در تعدادی از گیاهان و از جمله جو می‌شود^(۲۶). نتایج تحقیقات گورهای و همکاران^(۱۱) نشان داد که واریته‌های جو در شرایط شور تعداد کمتری پنجه تولید کردند. با افزایش سطح شوری، تعداد، عرض و ضخامت برگ‌های جو نیز کاهاش یافت. این موضوع می‌تواند به علت کاهاش پتانسیل آب و تورژسانس برگ در تحت تنش شوری باشد^(۱۵). در این شرایط فتوسترن گیاه در واحد سطح برگ به دلیل بسته شدن روزنه‌های برگ‌ها و کاهاش سرعت تبادل CO₂^(۲۳) و محدودیت گسترش برگ‌ها کاهاش می‌یابد^(۱۰). تنش شوری باعث کاهاش 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 کاهاش 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، به طوری که ارقام جو متتحمل 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 بر فراهم 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 به عنوان اقام متتحمل و حساس به تنش شوری شناخته شده‌اند^(۲۲) بنابراین هدف از انجام پژوهش حاضر مطالعه واکنش‌های فیزیولوژیک و مرفو‌لولولوژیک این دو رقم به تنش شوری است تا با شناخت بهتر این واکنش‌ها، امکان دستیابی به عملکردهای دانه بیشتر در شرایط شور فراهم گردد.

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

میانگین مربعات						میانگین مربعات					
منابع	درجه آزادی	تعداد پنجه	سطح برگ	وزن خشک در	منابع	درجه آزادی	تعداد پنجه	سطح برگ هر بوته	وزن رسیدن	تغییرات	منابع
تیمار	۷	۶/۰۷۴**	۱۱۲/۴۹۱**	۶۱۳/۹۴۲**	تیمار	۱	۳۹/۲۹۰**	۲۹۹۳/۴۰۴**	۱۰۱۳/۹۶۸**	رقم	شوری
تیمار	۱	۳۹/۲۹۰**	۶۰۷/۰۷۲**	۱۴۱/۸۲۳**	رقم	۳	۷/۱۶**	۴۲۸/۸۲۱**	۱۲/۴۹۲**	شوری	اثر متقابل
اثر متقابل	۳	۷/۱۶**	۴۹/۷۴۶**	۱۰/۰۱۸**	اثر متقابل	۲	۱۰/۳۷۵**	۵/۹۰۹**	۱۲/۳۵۸**	۱۵۹/۱۲۹**	خطا
خطا	۲۴	۱/۶۲۳	/۰۸۱	/۰۱۱	خطا	۱۸	/۰۳۹	/۰۰۸۵	/۰۰۰۷	۱۵/۰۲۲**	/۰۱۸**

** : معنی دار در سطح احتمال ۱٪

به علت کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر شوری بوده که در این شرایط، بذرها قادر به جذب آب کمتری می‌باشند (۱۳و۱۱). 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 (جدول ۲). در سطوح شوری ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر، تعداد پنجه در هر بوته در 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 (جدول ۲). 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 قرارداده است تنش شوری می‌تواند باعث تأخیر در ظهور پنجه‌ها و یا ضعیف ماندن آنها شود (۲۴و۲۰).

اثرهای اصلی و اثر متقابل ارقام و تنش‌های شوری بر تعداد برگ در هر بوته، در مرحله گل‌دهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطح تنش شوری، تعداد برگ در هر بوته در هر دو رقم کاهش یافت. با افزایش سطح تنش از صفر به ۱۲ دسی زیمنس بر متر، سطح برگ در هر دو رقم افضل و ریحان کاهش یافت. هر چند که میزان

ساقه رفتن ($ZGS=35$) و گل‌دهی ($ZGS=65$) هدایت روزنگار و فتوسترز بالاترین برگ و برگ پرچم در مرحله گل‌دهی در هر بوته توسط دستگاه فتوسترمتر (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 سنبله 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 شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بود (جدول ۲). در سطح شوری ۱۴ دسی زیمنس بر متر، بذرهای هیچ یک از دو رقم جوانه نزده و سبز نشدند. اثرات منفی شوری بر جوانه زنی و سبز شدن بذرها، ممکن است

جدول ۲. تأثیر تنفس شوری بر ویژگی های مرغولوژیک و فیزیولوژیک ارقام زراعی جو

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

خشک در گیاه جو شد. در آزمایش هانگ و ردمون (۱۵) هم تنفس شوری باعث کاهش ماده خشک در رقم هانینگتون شد.

فرایندهای فیزیولوژیک

غلظت Na^+ , K^+ و نسبت K^+/Na^+ در شاخصاره:

بر اساس نتایج آزمایش عوامل اصلی و اثرهای متقابل تیمارها بر غلظت Na^+ در اندام هوایی گیاه در سطح احتمال یک درصد تفاوت کاملاً معنی دار نشان دادند (جدول ۱). غلظت Na^+ در رقم ریحان (حساس) در مقایسه با رقم افضل (متحمل) به طور معنی داری افزایش نشان داد به طوری که در سطح تنفس شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، رقم ریحان دارای بیشترین غلظت یون سدیم (۱۶/۲۳ میلی گرم بر گرم) بود. در حالی که در همین سطح شوری، غلظت این یون، در رقم افضل ۱۵/۹۲ میلی گرم بر گرم بود (جدول ۳). مقایسه دورقم افضل و ریحان حتی در سطح صفر شوری نشان داد که، غلظت Na^+ در شاخصاره رقم افضل (متحمل) کمتر از رقم ریحان (حساس) بوده است. پاک نیت و همکاران (۲۶) نیز در بررسی واکنش ارقام جو وحشی و اهلی

کاهش در رقم ریحان (حساس) در همه سطوح تنفس شوری بیشتر از رقم افضل (متحمل) بود (جدول ۲). کاهش سطح برگ ممکن است ناشی از کاهش سرعت تقسیم سلولی و یا کاهش سرعت گسترش سلولی (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 فتوستمز 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 معنی دار بود (جدول ۱). به طوری که در مرحله گل دهی و رسیدن کامل گیاه، با افزایش سطوح شوری از صفر به ۱۲ دسی زیمنس بر متر، وزن خشک هر بوته در هر دورقم افضل و ریحان به طور معنی داری کاهش یافت. هر چند که این کاهش در رقم افضل (متحمل) در مقایسه با رقم ریحان (حساس) در هر یک از سطوح شوری، کمتر بود (جدول ۲). سوهیدا و همکاران (۲۶) گزارش کردند که شوری باعث کاهش تولید ماده

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

K^+/Na^+	Na^+ mg/g	dS/m با رقم	اثر متقابل شوری	K^+/Na^+	Na^+ mg/g	dS/m اثر اصلی تیمار شوری
۴/۱۹ ^a	۸/۹۷ ^b	۰	افضل	۳/۴۹ ^a	۱۰/۱۸ ^d	۰
۳/۲۳ ^b	۱۲/۱۸ ^f	۴	افضل			
۲/۸۳ ^c	۱۴/۵۲ ^e	۸	افضل	۲/۶۹ ^b	۱۶/۰۶ ^c	۴
۲/۳۲ ^d	۱۵/۹۲ ^d	۱۲	افضل			
۳/۲۷ ^b	۱۱/۳۹ ^g	۰	ریحان	۲/۳۵ ^c	۱۸/۴۱ ^b	۸
۲/۱۴ ^d	۱۹/۹۴ ^c	۴	ریحان			
۱/۸۷ ^e	۲۲/۲۹ ^b	۸	ریحان	۱/۸۸ ^d	۱۹/۵۴ ^a	۱۲
۱/۴۲ ^f	۲۳/۱۶ ^a	۱۲	ریحان			

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

گل دهی با افزایش سطوح تنش از صفر به ۱۲ دسی زیمنس بر مترا به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۴)، به طوری که بیشترین مقدار آن در هر سه مرحله در سطح صفرشوری به ترتیب برابر $۰/۰۲۵$ ، $۰/۰۵۵$ و $۰/۰۴۱$ $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ بود و کمترین آن مربوط به سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر مترا در سه مرحله به ترتیب برابر با $۰/۰۱۶$ ، $۰/۰۲۵$ و $۰/۰۱۵$ $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ بود (جدول ۴). در بین دو رقم افضل و ریحان، به جز در سطح شوری صفر که هدایت روزنایی، تفاوت معنی داری نداشت در سایر سطوح شوری، اختلاف معنی داری بین هدایت روزنایی رقم ها مشاهده شد و در هر سطح شوری، هدایت روزنایی رقم افضل در مقایسه با رقم ریحان بیشتر بود (جدول ۴). بدون شک فشار تورژسانس مسئول باز و بسته شدن روزنها توسط سلول های محافظ روزن می باشد. در تحت شرایط این آزمایش نیز هدایت روزنایی به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب برگ کاهش یافته است. نتایج پژوهش های پژوهشگران نشان می دهد که کاهش هدایت روزنایی به علت بسته شدن روزنها باعث کاهش ورود CO_2 به فضای زیر روزنایی شده و

به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین، گورهایم 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 به عنوان شاخصی برای تحمل به شوری در غلات در نظر گرفته شود (۷). اندازه گیری نسبت K^+/Na^+ نشان داد که این نسبت در رقم افضل (متتحمل) 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 به طور معنی داری کاهش یافت. خاتون و فلوروز (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 بیشتر K^+/Na^+ می تواند از ویژگی های ارقام متتحمل به شوری در جو باشد.

هدایت روزنایی

مقدار هدایت روزنایی در مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و

جدول ۴. تأثیر سطوح تنفس شوری بر هدایت روزنه‌ای (mol H₂O m⁻² s⁻¹)

رقم	سطوح شوری dS/m	اثر اصلی	مرحله پنجه زنی	مرحله ساقه رفتن	مرحله گل دهی
-	۰		/۰۲۵ ^a	/۰۰۵۵ ^a	/۰۰۴۱ ^a
-	۴		/۰۲۲ ^b	/۰۰۴۵ ^b	/۰۰۳۳ ^b
-	۸		/۰۰۱۹ ^c	/۰۰۳۳ ^c	/۰۰۲۱ ^c
-	۱۲		/۰۰۱۶ ^d	/۰۰۲۵ ^d	/۰۰۱۵ ^d
اثر مقابل					
	۰	افضل	/۰۰۲۷ ^a	/۰۰۵۸ ^a	/۰۰۴۳ ^a
	ريحان		/۰۰۲۵ ^a	/۰۰۵۲ ^a	/۰۰۴۱ ^a
	۴	افضل	/۰۰۲۳ ^b	/۰۰۴۹ ^b	/۰۰۳۹ ^b
	ريحان		/۰۰۲۱ ^c	/۰۰۴۱ ^c	/۰۰۲۸ ^c
	۸	افضل	/۰۰۱۹ ^d	/۰۰۳۳ ^d	/۰۰۲۶ ^c
	ريحان		/۰۰۱۸ ^e	/۰۰۳۳ ^d	/۰۰۱۹ ^d
	۱۲	افضل	/۰۰۱۸ ^e	/۰۰۲۶ ^e	/۰۰۱۴ ^e
	ريحان		/۰۰۱۴ ^f	/۰۰۲۳ ^f	/۰۰۱۱ ^f

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

بوته‌های هر دورقم جو در هر یک از مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل دهی کاهش یافت (جدول ۵). بیشترین مقدار ثبت CO₂ در تیمار صفر شوری اندازه‌گیری شد و برای مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل دهی به ترتیب $\mu\text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ۱۲/۳۹، ۱۲/۷۶ و ۱۲/۷۶ دستی زیمنس بر متر، به ترتیب برای مراحل پنجه شوری ۱۲ دستی زیمنس بر متر، به ترتیب برای مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل دهی برابر $\mu\text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ۱۱/۳۰، ۱۳/۹۳ و ۱۵/۰۵ دستی زیمنس بر متر، به ترتیب برای مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل دهی برابر $\mu\text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ۱۷/۰۵ و ۱۷/۵۳ دستی زیمنس بر متر، به ترتیب برای مراحل پنجه زنی، ساقه رفتن و گل دهی برابر $\mu\text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ۱۵/۰۵ و ۱۳/۹۳ بود.

روندهای میزان فتوستتر تحت شرایط تنفس، مشابه روند کاهش هدایت روزنه‌ای بود. نتایج راسون (۲۳) هم حاکی از این است که تنفس شوری باعث کاهش سرعت تبادل CO₂ در

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

فتوستتر

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش سطوح تنفس شوری از صفر به ۱۲ دستی زیمنس بر متر، میزان ثابت CO₂ در

جدول ۵. تأثیر سطوح تنفس شوری بر میزان فتوستز

دوری/m	رقم	مرحله پنجه زنی	مرحله ساقه رفتن	میزان فتوستز $\mu \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$
اثر اصلی				
۱۷/۵۵ ^a	-	۱۳/۹۳ ^a	۱۵/۰۵ ^a	۰
۱۶/۱۱ ^b	-	۱۲/۵۰ ^b	۱۳/۵۹ ^b	۴
۱۴/۴۴ ^c	-	۱۲/۰۳ ^c	۱۲/۸۲ ^c	۸
۱۲/۷۶ ^d	-	۱۱/۳۰ ^d	۱۲/۳۹ ^d	۱۲
اثر متقابل				
۱۷/۹۳ ^a	افضل	۱۴/۱۲ ^a	۱۵/۳۲ ^a	۰
۱۷/۱۲ ^a	ریحان	۱۳/۷۴ ^b	۱۵/۳۸ ^a	
۱۶/۲۴ ^b	افضل	۱۲/۸۳ ^c	۱۴/۰۰ ^b	۴
۱۵/۹۸ ^c	ریحان	۱۲/۱۶ ^d	۱۳/۱۸ ^c	
۱۴/۸۷ ^d	افضل	۱۲/۱۷ ^d	۱۳/۰۴ ^d	۸
۱۴/۰۱ ^e	ریحان	۱۱/۸۸ ^e	۱۲/۶۲ ^e	
۱۲/۳۷ ^f	افضل	۱۱/۳۴ ^f	۱۲/۶۱ ^e	۱۲
۱۲/۲۸ ^g	ریحان	۱۱/۲۶ ^f	۱۲/۱۷ ^f	

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

صفر به ۱۲ دسی زیمنس بر متر، به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). در سطح تنفس شوری ۱۲ 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 تنفس شوری، کاهش تعداد ساقه بارور در هر بوته گندم موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود.

برگ‌های جو می‌شود که این کاهش به تجمیع NaCl در پهنهک برگ‌ها نسبت داده شده است. به اعتقاد دلفین و همکاران(۶)، تنفس شوری با کاهش هدایت مزوپیلی و فتوستز همراه است. کینگربری و همکاران(۱۷) هم نشان دادند که در ارقام مقاوم به شوری، فتوستز خالص بیشتر از ارقام حساس به شوری می‌باشد.

اجزای عملکرد و عملکرد دانه
تعداد ساقه بارور در هر بوته
تعداد ساقه بارور در هر بوته با افزایش سطوح تنفس شوری از

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

شناخت برداشت	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در هر سنبله	تعداد سنبله در هر سنبله	تعداد ساقه بارور در هر بوته	رقم	شوری dS/m
۰/۴۵ ^a	۳۵/۲۴ ^a	۳۵/۰۰ ^a	۳۷ ^a	۲/۶۶ ^a	افضل	۰
۰/۴۳ ^a	۳۵/۱۹ ^a	۳۴/۰۰ ^a	۳۶ ^a	۲/۶۱ ^a	ریحان	
۰/۴۱ ^b	۲۶/۶۲ ^b	۲۶/۶۷ ^b	۳۲ ^b	۲/۰۰ ^b	افضل	۴
۰/۳۶ ^c	۲۲/۴۸ ^c	۰۲۴/۰۰	۲۹ ^c	۲/۰۰ ^b	ریحان	
۰/۲۶ ^d	۱۹/۲۵ ^d	۱۸/۳۳ ^d	۲۷ ^d	۱/۰۰ ^c	افضل	۸
۰/۲۱ ^e	۱۶/۲۳ ^e	۱۴/۶۷ ^e	۲۳ ^e	۱/۰۰ ^c	ریحان	

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

شاخص برداشت

حداکثر شاخص برداشت در تیمار صفر شوری و برای ارقام افضل و ریحان به ترتیب ۴۵٪ و ۴۳٪ بود (جدول ۶). با افزایش سطح شوری از صفر به ۸ دسی زیمنس بر متر، شاخص برداشت به طور کاملاً معنی داری کاهش یافت. مقایسه شاخص برداشت بین دو رقم افضل و ریحان در سطوح تنفس شوری نشان داد که شاخص برداشت رقم افضل (متحمل) بیشتر از رقم ریحان (حساس) بود (جدول ۶). شوری تسهیم مواد پرورده در ریحان (حساس) می باشد (۱۲). نتایج اش و همکاران (۳) حاکی از این بود که کاهش عملکرد در برج در محیط سور به علت بازدارندگی رشد گیاه و کاهش شاخص برداشت بوده است.

نتیجه گیری

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

تعداد سنبله و دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه با افزایش شدت تنفس شوری از صفر به ۸ دسی زیمنس بر متر، تعداد سنبله و دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه در هر دو رقم به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۶). تعداد سنبله و تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه در سطوح تنفس شوری در رقم افضل (متحمل) کمتر از رقم ریحان (حساس) تحت تأثیر سوء شوری قرار گرفت. کاهش تعداد سنبله در هر سنبله ناشی از تأثیر مستقیم تنفس شوری بر اجزای عملکرد در مراحل پیش از گرده افشاری می باشد (۱۸). در حالی که کاهش تعداد دانه در هر سنبله جو ممکن است هم نتیجه کاهش تعداد سنبله در 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 دانه ها کاهش می دهد. تأثیر تنفس شوری بر وزن دانه، به زمان اعمال تنفس و غلظت نمک در محیط رشد بستگی دارد به طوری که اعمال تنفس در مراحل اولیه نمو گیاه، به علت کوتاه شدن دوره پرشدن دانه، تأثیر بیشتری بر کاهش وزن دانه در هر سنبله می گذارد (۲۷).

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..

می‌تواند بر فرایندهای فیزیولوژیک مانند هدایت روزنگاری و فتوستراتگیاه تأثیر مشبّتی 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

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 خلات. 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. Thomson. 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. Pearcey. 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. Brufert. 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. spontaneum* 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.