

پاسخ ارقام گندم ایرانی به افزایش غلظت دی‌اکسید کربن هوا و تنش شوری

مهران صالح^۱، مرتضی زاهدی^{۲*} و حمیدرضا عشقی‌زاده^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۷)

چکیده

در این آزمایش ۲۰ رقم گندم ایرانی (نوید، پيشتاز، کرج، کویر، تجن، کارون، شعله، بهار، خشکی ۱۱، گاسپارود، سپاهان، سرخ‌نخم، چمران، قدس، شهریار، امید، سیستان، الموت، مرو دشت و شیراز) در دو محیط با غلظت معمول (۳۸۰) و غنی شده (۷۰۰ میکرومول بر مول) دی‌اکسید کربن و در دو سطح شوری (صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. در اثر شوری غلظت پتاسیم در اندام هوایی ۲۷ و ریشه ۳۹، غلظت کلروفیل a و b ۲۷ و ۳۰، غلظت کاروتنوئید ۲۱، ارتفاع گیاه ۳۹، سطح برگ ۳۲، حجم ریشه ۴۰، وزن خشک اندام هوایی ۳۰ و ریشه ۲۳ درصد کاهش داشت ولی غلظت سدیم در هر دو اندام هوایی و ریشه ۳۶ درصد افزایش یافت. میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در اثر شوری در ارقام مختلف از ۸ تا ۴۶ درصد متغیر بود. در هر دو شرایط غلظت معمول و غنی شده دی‌اکسید کربن، ارقام کرج و مرو دشت به ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین رقم به تنش شوری بودند. در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن غلظت پتاسیم در اندام هوایی (به‌استثنای ارقام شعله، قدس و گاسپارود) و ریشه، غلظت کلروفیل و کاروتنوئید، ارتفاع گیاه، سطح برگ (به‌استثنای رقم شهریار)، حجم ریشه، وزن خشک اندام هوایی (به‌استثنای ارقام سیستان و امید) و ریشه افزایش و غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان افزایش وزن خشک اندام هوایی در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در شرایط غیر شور به ترتیب به ارقام کرج و الموت برابر ۲۳ و ۶ درصد و در شرایط شور به ارقام چمران و کویر برابر ۶۶ و ۳ درصد تعلق داشت. براساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش، غنی‌سازی غلظت دی‌اکسید کربن محیط موجب افزایش رشد غالب ارقام مورد مطالعه شد و میزان این افزایش در شرایط شور بارزتر بود که بیانگر تعدیل اثرات شوری در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن محیط است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ارقام گندم، غلظت دی‌اکسید کربن محیط، شوری

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

ماده خشک بیشتری تقسیم شده و غلظت آن کاهش می‌یابد (۱۴).

تنش شوری از جمله عوامل محیطی عمده محدود کننده رشد به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که می‌تواند صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین، شوری از طریق فاکتورهای روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای فرآیند فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۳). در مطالعه ال‌هنداوی میزان فتوسنتز در گندم در اثر تنش شوری حدود ۶۵ درصد کاهش یافت (۱۱). در مطالعه فرهودی، سطح شوری ۱۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل در گیاهچه‌های گندم شد (۱۳). ژانو و همکاران نیز گزارش کردند که تنش شوری به دلیل افزایش غلظت سدیم در برگ، سبب کاهش کلروفیل و فتوسنتز در یولاف می‌شود (۳۶). در آزمایش گورمانی و همکاران، غلظت کلروفیل گندم در سطوح شوری ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم به ترتیب ۲۱ و ۴۵ درصد کاهش یافت (۱۷). تخریب کلروفیل به وسیله اکسیژن فعال یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش آن است، همچنین رقابت آنزیم گلوتامیل کیناز با آنزیم گلوتامات لیگاز تحت تنش شوری باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات، بیشتر به مصرف تولید پرولین برسد و بنابراین بیوسنتز کلروفیل محدود می‌شود (۶). در مطالعه اکبری قوژدی و همکاران نیز شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم باعث کاهش سطح، حجم و وزن خشک ریشه، عملکرد دانه، تعداد و سطح برگ، تعداد پنجه در بوته، وزن خشک اندام هوایی گندم شد (۲). در اثر شوری جذب پتاسیم و کلسیم کاهش می‌یابد که ممکن است به دلیل برهمکنش سدیم با پتاسیم و کلسیم در ناحیه جذب ریشه و نیز به واسطه اثر سدیم بر انتقال این عناصر در آوند چوبی باشد. به علاوه، کمبود کلسیم جذب سدیم را افزایش و انتقال یون‌هایی از جمله پتاسیم به اندام هوایی را کاهش می‌دهد (۱۱). وجود همبستگی مثبت بین بالا بودن نسبت غلظت پتاسیم به سدیم در گیاه با تحمل به شوری ارقام گندم، گزارش شده است (۲۹). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نیز از

دی‌اکسید کربن بخش کوچکی (۰/۰۴ درصد) از حجم اتمسفر را اشغال می‌کند، با این حال، همین مقدار اندک با تغییرات خود اثرات مهمی بر سیستم جو زمین گذاشته و افزایش غلظت آن بیشترین سهم را در گرمایش جهانی دارد (۱۵) و (۲۵). افزایش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر به‌عنوان ماده اولیه فتوسنتز می‌تواند سبب افزایش تثبیت دی‌اکسید کربن، سطح برگ و زیست‌توده گیاه شود. دلیل اصلی افزایش فتوسنتز اثر رقابتی آنزیم ریبیسکو است که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن سبب افزایش فعالیت کربوکسیلاسیون این آنزیم می‌شود (۲۱). گرچه میزان این واکنش به نوع گیاه، فصل رشد و شرایط آزمایش بستگی دارد. آکرلی و همکاران بیان داشتند که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در مواردی می‌تواند موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و به‌طور غیر مستقیم باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه شود (۱). در مطالعه بورگالت و همکاران روی ۲۰ ژنوتیپ گندم، در شرایط غلظت ۷۰۰ در مقایسه با غلظت ۴۲۰ میکرومول بر مول دی‌اکسید کربن، سطح برگ گیاه ۱۶ درصد افزایش یافت (۵). چنگ و همکاران بیان داشتند که با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن محیط از ۳۸۰ به ۶۸۰ میکرومول بر مول، ارتفاع گیاه در بوته‌های برنج افزایش می‌یابد (۸). در مطالعه هگی و همکاران با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۸۰ به ۵۵۰ میکرومول بر مول، عملکرد دانه گندم ۱۱ درصد افزایش یافت (۱۸). راجرز و همکاران افزایش وزن خشک ریشه ذرت (۳۲) و کوسینس و همکاران افزایش غلظت کلروفیل در گیاه سورگوم (۱۰) را در شرایط غنی شده غلظت دی‌اکسید کربن گزارش کردند، درحالی‌که در مطالعه گوفو و همکاران با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۷۵ به ۵۵۰ میکرومول بر مول، غلظت کلروفیل و کارتنوئید در برنج کاهش یافت (۱۶). فلکساس و همکاران بیان کردند که غلظت سدیم اندام هوایی با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن کاهش می‌یابد و نتیجه‌گیری کردند که در شرایط غنی شده غلظت دی‌اکسید کربن با افزایش ماده خشک گیاه، سدیم جذب شده در مقدار

تکرار، ارزیابی شدند.

بدور مورد استفاده پس از ضد عفونی به وسیله محلول هیپوکلرید سدیم (وایتکس) با غلظت دو درصد و به مدت سه دقیقه در سینی‌های نشاء با بستر کوکوپیت کاشته و تا مرحله ظهور دو برگ حقیقی در این شرایط نگهداری شدند. در ادامه گیاهچه‌های دو برگی به تشت‌های پلاستیکی حاوی صفحات یونولیتی منفذدار منتقل شدند. صفحه‌های یونولیت بر روی تشت‌های پلاستیکی که حاوی ۱۰ لیتر آب مقطر بودند، شناور شدند. پس از سه روز آب مقطر موجود در ظرف حاوی محلول غذایی هوگلند جایگزین شد. در طول دوره آزمایش اسیدبته محلول با استفاده از هیدروکسید پتاسیم و اسید کلریدریک یک نرمال، در حدود ۵/۶ حفظ شد. قابلیت هدایت الکتریکی (EC) تیمار شاهد در حدود ۲/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. تیمار شوری ۱۵ دسی‌زیمنس از مرحله چهار برگی (۱۴ روز پس از کاشت) به تدریج طی یک هفته اعمال شد.

برای اعمال تیمار غنی‌سازی غلظت دی‌اکسید کربن، گاز دی‌اکسید کربن از طریق کپسول گاز به داخل فضایی با حجم تقریبی ۱۰ مترمکعب که توسط پلاستیک از محیط اطراف جدا شده بود، تزریق شد. غلظت دی‌اکسید کربن محیط روزانه توسط دستگاه دیجیتال اندازه‌گیری، کنترل و تنظیم شد. چهار هفته پس از اعمال تیمار شوری (شروع پنجه‌زنی)، گیاهان برداشت شدند و غلظت کلروفیل a و b، غلظت کاروتنوئید، وزن خشک اندام هوایی، غلظت پتاسیم و سدیم در اندام هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد.

نحوه اندازه‌گیری صفات

برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه نمونه‌های اندام هوایی و ریشه پس از جداسازی در داخل دستگاه خشک‌کن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتال وزن شدند. ارتفاع گیاهان از محل طوقه تا انتهای آخرین برگ توسعه یافته اندازه‌گیری شد. حجم ریشه از طریق اختلاف حجم ایجاد شده پس از قرارگیری ریشه در

جمله مؤثرترین سیستم دفاعی در مقابله با آسیب‌های ناشی از تولید گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش از جمله شوری هستند (۳۱). لویز و همکاران گزارش کردند که در شرایط افزایش غلظت دی‌اکسید کربن فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های ریشه افزایش یافته و در نتیجه ساختار دیواره سلولی بهتر حفظ شده است که این امر منجر به نفوذ کمتر سدیم به داخل سلول می‌شود (۲۸).

وجود برهمکنش بین غلظت دی‌اکسید کربن، شوری و رقم نیز گزارش شده است. چنانچه در آزمایش نیکلاس و همکاران روی دو رقم گندم افزایش غلظت دی‌اکسید کربن (۳۵۰ میکرومول در مول بیشتر از غلظت معمول آن) موجب افزایش تجمع ماده خشک در هر دو رقم مورد مطالعه شد ولی میزان این افزایش در رقم حساس به شوری (۱۰۴ درصد) نسبت به رقم متحمل (۷۳ درصد) بارزتر بود. همچنین در آزمایش ایشان میزان افزایش ماده خشک، سطح برگ و پنجه‌زنی گیاه در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن تحت شرایط شور در مقایسه با شرایط غیر شور بیشتر بود (۲۴). با توجه به هم‌زمانی احتمالی افزایش غلظت دی‌اکسید کربن محیط با تنش شوری در اثر تغییر اقلیم، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی پاسخ ارقام گندم ایرانی به افزایش غلظت دی‌اکسید کربن محیط و مقایسه نحوه این پاسخ در شرایط شور و غیر شور انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۲ انجام شد. در این مطالعه تولید ماده خشک و برخی ویژگی‌های رشدی ۲۰ رقم گندم ایرانی (نوید، پیش‌تاز، کرج، کویر، تجن، کارون، شعله، بهار، خشکی ۱۱، گاسپارود، سپاهان، سرخ‌تخم، چمران، قدس، شهریار، امید، سیستان، الموت، مرودشت و شیراز) در دو محیط با غلظت معمول (۳۸۰) و غنی شده (۷۰۰ میکرومول بر مول) دی‌اکسید کربن و در دو سطح شوری (صفر و ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه

حجم مشخصی از آب برحسب سانتی متر مکعب در بوته محاسبه شد (۳۵). سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج الکترونیکی (Green Leaf Area Tester model GA-5) براساس سانتی متر مربع در بوته به دست آمد. غلظت کلروفیل و کارتنوئید با استفاده از روش لیچتن چالر (۲۲) اندازه گیری شد. برای تعیین غلظت سدیم و پتاسیم (اندام هوایی و ریشه) در نمونه‌ها از دستگاه شعله سنج (مدل ۴۱۰) استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

غلظت سدیم و پتاسیم اندام هوایی و ریشه

تأثیر شوری بر غلظت پتاسیم، سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار کلرید سدیم نسبت به تیمار غیر شور غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی به ترتیب ۲۷/۴ و ۴۶/۸ درصد و در ریشه ۳۹/۴ و ۵۴/۴ درصد کاهش و غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه ۳۵/۹ و ۳۴/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). در مطالعه اسفندیاری و همکاران نیز افزایش شوری تا سطح ۲۰۰ میلی مولار باعث افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم در ارقام گندم شد (۱۲). کاردن و همکاران گزارش کردند که تمایز بین جذب سدیم و پتاسیم یکی از راهکارهای اصلی تحمل به شوری در گیاه است. در آزمایش ایشان شوری سبب کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی گیاه شد و ارقام متحمل به شوری از نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری برخوردار بودند (۷). کاهش جذب پتاسیم تحت تنش شوری ممکن است به دلیل برهمکنش سدیم با پتاسیم در ناحیه جذب ریشه و نیز اثر سدیم بر انتقال پتاسیم در آوند چوبی باشد (۱۱). به علاوه، در شرایط شور، غلظت بالای سدیم باعث جلوگیری از کارکرد پتاسیم در ریشه می شود و همچنین غشاهای سلولی ریشه را تخریب می کند و

قابلیت آنها را در ورود انتخابی یون‌ها تغییر می دهد (۱۳).

تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر غلظت پتاسیم اندام هوایی، غلظت سدیم ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت سدیم اندام هوایی و غلظت پتاسیم ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن (از ۳۸۰ به ۷۰۰ میکرومول بر مول) غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی به ترتیب ۷/۷ و ۱۷ درصد و در ریشه ۱۱/۱ و ۱۷/۹ درصد افزایش و غلظت سدیم در اندام هوایی و ریشه ۸ و ۷/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج نشان می دهد که تأثیر مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن بر غلظت پتاسیم ریشه نسبت به اندام هوایی بارزتر بود، در حالی که میزان کاهش غلظت سدیم در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن در اندام هوایی و ریشه مشابه بود. در شرایط غنی شده غلظت دی اکسید کربن سطح برگ و رشد اندام هوایی افزایش می یابد و در چنین شرایطی با افزایش ماده خشک گیاه، سدیم جذب شده در مقدار بیشتری از ماده خشک پخش شده و در نتیجه غلظت آن کاهش می یابد (۲۴). در مطالعه زهتاب نیز غلظت پتاسیم در اندام هوایی و ریشه جو در شرایط غلظت غنی شده دی اکسید کربن به ترتیب ۱۰/۷ و ۷/۵ درصد افزایش یافت (۳۴). افزایش فتوسنتز ناشی از بهبود شرایط تأمین دی اکسید کربن می تواند تأثیرات مثبتی بر توانایی جذب و انتقال پتاسیم و جلوگیری از جذب سدیم توسط ریشه و انتقال آن از ریشه به اندام هوایی در شرایط تنش شوری داشته باشد (۲۴). لویز و همکاران، گزارش کردند که در شرایط افزایش غلظت دی اکسید کربن فعالیت آنتی اکسیدانی در سلول‌های ریشه افزایش می یابد، در نتیجه ساختار دیواره سلولی بهتر حفظ شده و این امر منجر به نفوذ کمتر سدیم به داخل سلول می شود (۲۸).

تفاوت ارقام مورد مطالعه از نظر غلظت سدیم ریشه و غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال یک درصد و از نظر غلظت سدیم اندام هوایی

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات اندازه گیری شده ارقام گندم تحت تأثیر شوری و غلظت دی اکسید کربن محیط

ضریب تغییرات	منابع تغییرات						صفات اندازه گیری شده	
	خطا	رقم \times CO_2	شوری \times CO_2	رقم \times شوری	شوری \times CO_2	رقم	شوری	CO_2
	۱۶۰	۷۹	۳۹	۳۹	۳۹	۱۹	۱	۱
۱۵/۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴*	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹*	۰/۱۳۷**	۰/۰۱۲*
۱۰/۳	۰/۰۰۲۳	۰/۰۷۳**	۰/۰۰۵*	۰/۰۹۷**	۰/۰۱۱*	۰/۰۱۲**	۰/۱۴۱**	۰/۰۱۶**
۱۶/۸	۰/۰۰۵۵۸	۰/۰۵۷**	۰/۰۰۳۴	۰/۰۴۱**	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۷۲**	۰/۱۵۶**	۰/۰۳۲**
۱۱/۲	۰/۰۰۱۱	۰/۰۲۱*	۰/۰۰۲۴	۰/۰۳۸*	۰/۰۲۷*	۰/۰۶۱**	۰/۰۷۶**	۰/۰۰۲*
۹/۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۱۲*	۰/۰۲۱**	۰/۰۴۱**	۰/۰۲۵**	۰/۰۳۴**	۰/۰۷۳**	۰/۰۵۲**
۹/۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۶۷**	۰/۰۰۴	۰/۰۲۰**	۰/۰۳۲**	۰/۰۰۷**	۰/۱۳۴**	۰/۰۴۱**
۲۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۲*	۰/۰۲۲*	۰/۰۲۶*	۰/۱۱۷**	۰/۰۷۵**
۲۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱**	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۵*	۰/۰۰۵**	۰/۰۱۲**	۰/۰۱۷**	۰/۰۱۳**
۱۶/۸	۰/۰۰۹۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸*	۰/۰۲۷*	۰/۰۲۲*	۰/۰۴۹**	۰/۰۳۷**
۷/۶۲	۱۱/۲۱	۴۱**	۳۰/۰۳*	۳۲/۶۳*	۴۳**	۷۸/۱۸*	۶۱۵**	۵۱۵**
۲۴	۲۹۶	۲۷۴	۹۳۴**	۳۷۶*	۴۱۲*	۵۲۱*	۱۱۵۲۶**	۲۵۲۵**
۱۷/۸	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۳۱	۰/۸۱**	۱۰**	۳/۲۳**	۹/۰۵**	۶/۸۹**
۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۲۱**	۰/۰۲۱*	۰/۰۲۱*	۰/۰۱۶*	۰/۰۲۴*	۳/۱۳**	۱/۷۲*
۱۲/۴۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳*	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۶*	۰/۰۰۵*	۰/۰۱۸**	۰/۰۶۷**	۰/۰۵۲**

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های غلظت سدیم و پتاسیم اندام هوایی و ریشه (میلی‌مول بر گرم وزن خشک) و کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) ارقام گندم، تحت تأثیر شوری و غلظت دی‌اکسید کربن محیط

عامل آزمایشی	سدیم اندام هوایی	پتاسیم اندام هوایی	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b
سطح شوری (میلی‌مولار)								
صفر	۰/۱۹۲ ^b	۰/۲۸۴ ^a	۰/۲۱۷ ^b	۰/۳۴۳ ^a	۱/۴۹ ^a	۱/۵۹ ^a	۰/۵۰۷ ^a	۰/۲۴۴ ^a
۱۵۰	۰/۲۶۱ ^a	۰/۲۰۶ ^b	۰/۲۹۲ ^a	۰/۲۰۸ ^b	۰/۷۹۲ ^b	۰/۷۲۴ ^b	۰/۳۶۷ ^b	۰/۱۷۱ ^b
غلظت دی‌اکسید کربن (میکرومول بر مول)								
۳۸۰	۰/۲۳۶ ^a	۰/۲۳۶ ^b	۰/۲۶۵ ^a	۰/۲۶۱ ^b	۱/۰۰ ^b	۱/۰۶ ^b	۰/۴۱۰ ^b	۰/۱۹۰ ^b
۷۰۰	۰/۲۱۷ ^b	۰/۲۵۴ ^a	۰/۲۴۴ ^b	۰/۲۹۰ ^a	۱/۱۷ ^a	۱/۲۵ ^a	۰/۴۶۱ ^a	۰/۲۲۵ ^a
رقم								
سپاهان	۰/۲۱۴ ^{cd}	۰/۲۷۸ ^a	۰/۲۴۵ ^{ef}	۰/۳۱۰ ^{ab}	۱/۳۰ ^a	۱/۳۷ ^b	۰/۴۷۳ ^{ab}	۰/۲۹۹ ^a
سیستان	۰/۲۲۰ ^{cd}	۰/۲۷۵ ^a	۰/۲۵۱ ^{d-f}	۰/۳۱۸ ^a	۱/۲۴ ^c	۱/۳۹ ^a	۰/۴۰۰ ^{f-h}	۰/۲۹۸ ^a
نوید	۰/۲۲۹ ^{cd}	۰/۲۴۹ ^{d-f}	۰/۲۵۳ ^{d-f}	۰/۲۸۸ ^{c-e}	۱/۰۸ ^g	۱/۲۶ ^d	۰/۳۹۰ ^{g-i}	۰/۱۹۷ ^{gh}
شعله	۰/۲۱۵ ^{cd}	۰/۲۶۵ ^{a-d}	۰/۲۴۹ ^{d-f}	۰/۲۸۱ ^e	۱/۲۳ ^c	۱/۲۳ ^c	۰/۴۲۵ ^{ef}	۰/۱۷۲ ⁱ
سرخ‌تخم	۰/۲۵۴ ^{ab}	۰/۲۱۶ ^{h-j}	۰/۲۷۷ ^{a-c}	۰/۲۵۶ ^{gh}	۰/۸۵ ^{o-m}	۰/۹۸۱ ^m	۰/۴۳۱ ^{d-f}	۰/۱۲۶ ^k
پیش‌تاز	۰/۲۱۵ ^{cd}	۰/۲۲۵ ^{g-i}	۰/۲۳۸ ^f	۰/۲۶۰ ^{f-h}	۱/۰۴ ⁱ	۱/۱۶ ^g	۰/۴۳۲ ^{d-f}	۰/۲۱۵ ^{d-f}
چمران	۰/۲۰۷ ^d	۰/۲۵۸ ^{b-d}	۰/۲۳۸ ^f	۰/۲۹۲ ^{cd}	۱/۲۴ ^c	۱/۳۲ ^c	۰/۴۷۰ ^{a-c}	۰/۲۲۵ ^{de}
کرج	۰/۲۲۲ ^{cd}	۰/۲۲۷ ^{gh}	۰/۲۵۹ ^{b-f}	۰/۲۵۷ ^{gh}	۱/۰۲ ^j	۱/۰۴ ^l	۰/۴۱۲ ^{e-h}	۰/۱۸۸ ^h
بهار	۰/۲۲۰ ^{cd}	۰/۲۳۹ ^{e-g}	۰/۲۴۶ ^{d-f}	۰/۲۶۶ ^{fg}	۱/۰۸ ^g	۱/۱۳ ^h	۰/۴۸۶ ^{ab}	۰/۱۱۸ ^k
قدس	۰/۲۲۹ ^{cd}	۰/۲۵۵ ^{c-e}	۰/۲۳۷ ^f	۰/۲۷۰ ^f	۱/۱۱ ^f	۱/۱۵ ^g	۰/۴۵۹ ^{b-d}	۰/۱۹۱ ^h
شیراز	۰/۲۵۸ ^a	۰/۲۰۹ ^j	۰/۲۸۱ ^{ab}	۰/۲۵۰ ^h	۰/۸۱ ^{o-n}	۰/۹۳۶ ⁿ	۰/۳۸۱ ^{hi}	۰/۱۴۶ ^j
کویر	۰/۲۲۲ ^{cd}	۰/۲۳۷ ^{fg}	۰/۲۵۳ ^{d-f}	۰/۲۸۱ ^e	۱/۰۶ ^h	۱/۱۹ ^f	۰/۴۲۸ ^{d-f}	۰/۱۷۴ ⁱ
الموت	۰/۲۵۴ ^{ab}	۰/۲۰۸ ^j	۰/۲۸۴ ^a	۰/۲۵۳ ^j	۰/۸۱۹ ⁿ	۰/۹۴۶ ⁿ	۰/۴۷۵ ^{ab}	۰/۱۵۸ ^j
تجن	۰/۲۳۴ ^{bc}	۰/۲۶۸ ^{a-c}	۰/۲۶۹ ^{a-d}	۰/۲۸۴ ^{de}	۱/۱۴ ^e	۱/۱۱ ⁱ	۰/۴۳۹ ^{c-e}	۰/۲۱۰ ^{fg}
خشکی ۱۱	۰/۲۳۲ ^{bc}	۰/۲۲۳ ^{g-j}	۰/۲۵۷ ^{c-f}	۰/۲۶۵ ^{fg}	۰/۹۶۲ ^l	۰/۹۶۲ ^l	۰/۴۷۶ ^{ab}	۰/۲۴۶ ^b
شهریار	۰/۲۱۴ ^{cd}	۰/۲۷۳ ^{ab}	۰/۲۳۹ ^f	۰/۳۰۷ ^b	۱/۲۷ ^b	۱/۳۸ ^{ab}	۰/۴۹۳ ^a	۰/۲۲۸ ^{cd}
کارون	۰/۲۲۴ ^{cd}	۰/۲۲۵ ^{g-i}	۰/۲۶۰ ^{b-f}	۰/۲۵۸ ^{gh}	۱/۰۰ ^k	۱/۰۶ ^k	۰/۴۱۷ ^{e-g}	۰/۲۱۳ ^{ef}
گاسپارود	۰/۲۳۲ ^{bc}	۰/۲۵۱ ^{d-f}	۰/۲۶۴ ^{a-e}	۰/۲۵۹ ^{gh}	۱/۰۸ ^g	۱/۰۴ ^l	۰/۴۰۶ ^{f-h}	۰/۲۱۷ ^{d-f}
امید	۰/۲۲۴ ^{cd}	۰/۲۶۳ ^{a-d}	۰/۲۵۲ ^{d-f}	۰/۲۶۰ ^{f-h}	۱/۱۷ ^d	۱/۰۸ ^j	۰/۳۵۹ ⁱ	۰/۲۲۲ ^{d-f}
مروودشت	۰/۲۲۰ ^{cd}	۰/۲۵۶ ^{cd}	۰/۲۴۳ ^{ef}	۰/۲۹۶ ^c	۱/۱۶ ^d	۱/۳۱ ^c	۰/۴۸۹ ^{ab}	۰/۲۴۱ ^{bc}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین غلظت سدیم در اندام هوایی به ترتیب به ارقام شیراز (۰/۲۵۸) و چمران (۰/۲۰۷) میلی‌مول بر گرم ماده خشک گیاه) تعلق داشت (جدول ۲). این مقادیر برای غلظت پتاسیم اندام هوایی به ارقام سپاهان (۰/۲۷۸) و الموت (۰/۲۰۸)، برای نسبت غلظت پتاسیم به سدیم اندام هوایی به ارقام سپاهان (۱/۳۰) و شیراز (۰/۲۰۸)، برای غلظت سدیم ریشه به ارقام الموت (۰/۲۸۴) و قدس (۰/۲۳۷)، برای غلظت پتاسیم ریشه به ارقام

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های غلظت کارتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته)، حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب در بوته)، وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم در بوته) ارقام گندم، تحت تأثیر شوری و غلظت دی‌اکسید کربن محیط

عامل آزمایشی	کارتنوئید	ارتفاع گیاه	سطح برگ	حجم ریشه	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
سطح شوری (میلی‌مولار)						
صفر	۰/۴۷۶ ^a	۵۸/۴ ^a	۶۶/۳ ^a	۳/۴۵ ^a	۰/۸۱۶ ^a	۰/۲۳۲ ^a
۱۵۰	۰/۳۷۸ ^b	۳۹/۸ ^b	۴۰/۳ ^b	۲/۰۶ ^b	۰/۵۷۱ ^b	۰/۱۷۹ ^b
غلظت دی‌اکسید کربن (میکرومول بر مول)						
۳۸۰	۰/۳۹۴ ^b	۴۴/۹ ^b	۵۱/۱ ^b	۲/۵۷ ^b	۰/۶۵۱ ^b	۰/۱۹۶ ^b
۷۰۰	۰/۴۶۰ ^a	۵۳/۰ ^a	۵۵/۵ ^a	۲/۹۴ ^a	۰/۷۳۵ ^a	۰/۲۱۴ ^a
رقم						
سپاهان	۰/۳۸۴ ^{fg}	۵۵/۹ ^a	۶۰/۱ ^{bc}	۴/۰۶ ^a	۰/۸۱۶ ^a	۰/۲۸۸ ^b
سیستان	۰/۵۳۲ ^a	۵۵/۱ ^a	۶۱/۴ ^{ab}	۳/۴۹ ^c	۰/۷۶۴ ^{bc}	۰/۲۶۹ ^c
نوید	۰/۳۹۸ ^{ef}	۵۰/۴ ^{cd}	۴۵/۷ ⁱ	۳/۱۴ ^d	۰/۶۲۵ ⁱ	۰/۲۳۱ ^c
شعله	۰/۴۵۱ ^b	۴۳/۰ ^k	۵۰/۰ ^h	۲/۷۱ ^{hi}	۰/۶۶۴ ^{gh}	۰/۱۴۱ ⁱ
سرخ‌تخم	۰/۳۴۹ ^h	۴۵/۶ ^{ij}	۴۱/۱ ^j	۱/۵۷ ⁿ	۰/۵۸۹ ^j	۰/۰۷۷ ^l
پیشناز	۰/۳۸۴ ^{fg}	۴۷/۷ ^{gh}	۶۰/۱ ^{bc}	۲/۵۷ ^j	۰/۷۰۵ ^f	۰/۲۰۸ ^{fg}
چمران	۰/۴۳۰ ^{bc}	۵۱/۳ ^{bc}	۶۴/۷ ^a	۲/۷۸ ^{gh}	۰/۷۵۰ ^{cd}	۰/۳۲۳ ^a
کرج	۰/۴۲۰ ^{c-e}	۴۵/۲ ^j	۵۳/۲ ^{f-h}	۲/۷۷ ^h	۰/۶۵۷ ^{gh}	۰/۲۵۵ ^d
بهار	۰/۴۲۹ ^{b-d}	۴۸/۵ ^{fg}	۵۲/۰ ^{gh}	۲/۰۴ ^m	۰/۶۲۸ ⁱ	۰/۲۲۶ ^e
قدس	۰/۵۳۷ ^a	۴۹/۶ ^{d-f}	۵۴/۷ ^{d-g}	۲/۳۹ ^k	۰/۶۴۵ ^{hi}	۰/۱۶۶ ^h
شیراز	۰/۳۶۶ ^{gh}	۴۶/۸ ^{hi}	۴۰/۷ ^j	۲/۰۵ ^m	۰/۵۸۲ ^j	۰/۰۹۹ ^k
کویر	۰/۴۳۴ ^{bc}	۴۹/۳ ^{d-f}	۵۴/۳ ^{d-g}	۲/۱۴ ^l	۰/۷۳۲ ^{de}	۰/۱۴۱ ⁱ
الموت	۰/۲۷۵ ^l	۴۶/۶ ^{hi}	۳۸/۵ ^j	۲/۴۲ ^k	۰/۶۰۰ ^j	۰/۱۱۶ ^j
تجن	۰/۴۰۱ ^{d-e}	۴۲/۰ ^{kl}	۵۳/۸ ^{e-g}	۲/۸۶ ^{ef}	۰/۷۸۰ ^b	۰/۱۳۴ ⁱ
خشکی ۱۱	۰/۴۴۹ ^b	۵۰/۹ ^l	۵۶/۲ ^{d-f}	۲/۹۳ ^e	۰/۷۷۲ ^{bc}	۰/۲۳۲ ^e
شهریار	۰/۴۳۱ ^{bc}	۵۲/۱ ^b	۶۰/۲ ^{bc}	۳/۶۳ ^b	۰/۷۶۲ ^{bc}	۰/۲۸۷ ^b
کارون	۰/۴۲۹ ^{b-d}	۴۹/۱ ^{ef}	۵۲/۹ ^{f-h}	۲/۶۹ ⁱ	۰/۶۷۶ ^g	۰/۲۱۲ ^f
گاسپارود	۰/۵۵۵ ^a	۴۹/۸ ^{de}	۵۷/۱ ^{c-e}	۲/۸۸ ^{ef}	۰/۶۶۸ ^g	۰/۲۲۸ ^e
امید	۲/۴۳۴ ^{bc}	۴۸/۹ ^{e-g}	۵۱/۸ ^{gh}	۲/۸۵ ^{fg}	۰/۷۱۸ ^{ef}	۰/۱۹۸ ^g
مروذشت	۰/۴۵۴ ^b	۵۱/۹ ^b	۵۷/۴ ^{cd}	۳/۱۹ ^d	۰/۷۲۱ ^{ef}	۰/۲۷۸ ^{bc}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۴. برهمکنش اثر شوری و دی‌اکسید کربن بر غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه (میلی‌مول بر گرم وزن خشک)، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه، کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) و سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته)، غلظت کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)، حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب در بوته)، وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم در بوته)

غلظت دی‌اکسید کربن (میکرومول بر مول)				صفات اندازه‌گیری شده
۷۰۰		۳۸۰		
۱۵۰ میلی‌مولار	صفر میلی‌مولار	۱۵۰ میلی‌مولار	صفر میلی‌مولار	
۰/۲۱۶ ^b	۰/۲۹۲ ^a	۰/۱۹۶ ^c	۰/۲۷۶ ^a	پتاسیم اندام هوایی
۰/۸۸۴ ^c	۱/۶۰ ^a	۰/۷۱۸ ^d	۱/۳۸ ^b	نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی
۰/۲۱۹ ^c	۰/۳۵۸ ^a	۰/۱۹۵ ^d	۰/۳۲۸ ^b	پتاسیم ریشه
۰/۸۲۶ ^c	۱/۶۹ ^a	۰/۶۲۱ ^d	۱/۵۰ ^b	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه
۰/۴۰۳ ^b	۰/۵۱۶ ^a	۰/۳۵۳ ^c	۰/۴۳۶ ^b	کاروتنوئید
۴۵/۹ ^c	۶۰/۱ ^a	۳۳/۶ ^d	۵۶/۲ ^b	ارتفاع گیاه
۴۲/۷ ^b	۶۸/۲ ^a	۳۷/۹ ^c	۶۴/۳ ^a	سطح برگ
۰/۳۸۱ ^c	۰/۵۴۷ ^a	۰/۳۴۱ ^d	۰/۴۷۹ ^b	کلروفیل a
۰/۱۸۹ ^c	۰/۲۶۱ ^a	۰/۱۵۲ ^d	۰/۲۲۸ ^b	کلروفیل b
۲/۱۳ ^c	۳/۷۵ ^a	۲/۰ ^d	۳/۱۵ ^b	حجم ریشه
۰/۸۴۹ ^a	۰/۶۲۲ ^c	۰/۷۸۲ ^b	۰/۵۱۹ ^d	وزن خشک اندام هوایی
۰/۱۸۹ ^b	۰/۲۴۰ ^a	۰/۱۶۸ ^c	۰/۲۲۴ ^a	وزن خشک ریشه

برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مثبت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن در شرایط شور بیشتر بوده است. به نظر می‌رسد در شرایط تنش با توجه به اینکه جذب پتاسیم توسط گیاه با محدودیت بیشتری روبه‌رو می‌شود، میزان تأثیر مثبت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه در شرایط شور در مقایسه با شرایط بدون تنش بیشتر است. نتایج مشابهی توسط کاظمی در گیاه برنج و زهتاب در گیاه جو در رابطه با تأثیر مثبت بیشتر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن (از ۳۸۰ به ۷۰۰ میکرومول بر مول) بر غلظت پتاسیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی و ریشه در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیر شور گزارش شده است (۲۰ و ۳۵). تأثیر برهمکنش شوری و رقم بر غلظت پتاسیم و نسبت

سیستان (۰/۳۱۸) و شیراز (۰/۲۵۰) میلی‌مول بر گرم ماده خشک گیاه) و برای نسبت غلظت پتاسیم به سدیم ریشه به ارقام سیستان (۱/۳۹) و شیراز (۰/۹۳۶) تعلق داشت. تأثیر برهمکنش شوری و غلظت دی‌اکسید کربن نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن (از ۳۸۰ به ۷۰۰ میکرومول بر مول) غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، غلظت پتاسیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم در ریشه در شرایط غیر شور به ترتیب ۵/۷، ۱۵/۹، ۹/۱ و ۱۲/۶ درصد و در شرایط شور ۱۰/۲، ۲۳/۱، ۱۲/۳ و ۳۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). این

جدول ۵. برهمکنش اثر شوری و رقم بر غلظت سدیم و پتاسیم (میلی مول بر گرم وزن خشک) اندام هوایی و ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی

ارقام گندم	سدیم اندام هوایی		پتاسیم اندام هوایی		سدیم ریشه		پتاسیم ریشه		نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی	
	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر
سپاهان	۰/۱۷۴gh	۰/۲۵۴a-h	۰/۳۳۳a	۰/۲۲۴g-m	۰/۲۰h	۰/۲۹۱a-f	۰/۳۸۶ab	۰/۲۳۴fg	۱/۹۱a	۰/۸۸o
سیستان	۰/۱۷۹e-h	۰/۲۶۲a-g	۰/۳۳۹a	۰/۲۱۱h-m	۰/۱۹۹h	۰/۳۰۳a-e	۰/۳۹۷a	۰/۲۳۹f	۱/۹oa	۰/۸۰۵p
نوید	۰/۱۸۹c-h	۰/۲۶۹a-d	۰/۳۱۸a-c	۰/۱۷۹lm	۰/۲۰۴gh	۰/۳۰۳a-e	۰/۳۷۴ab	۰/۲۰۳f-i	۱/۶۷d	۰/۶۶۶t
شعله	۰/۲۰۶a-h	۰/۲۲۴a-h	۰/۲۷۳b-g	۰/۲۵۸e-h	۰/۲۰۱h	۰/۲۹۷a-f	۰/۳۵۴b-d	۰/۲۰۹f-i	۱/۳۲h	۱/۱۴j
سرخ تخم	۰/۲۱۹a-h	۰/۲۸۸ab	۰/۲۵۹c-h	۰/۱۷۳m	۰/۲۳۸b-h	۰/۳۱۶a-c	۰/۳۲de	۰/۱۰۹j	۱/۱۶j	۰/۵۹۹u
پیشناز	۰/۱۸۲d-h	۰/۲۴۷a-h	۰/۲۶۹b-g	۰/۱۸۱lm	۰/۲۰۲h	۰/۲۷۴a-h	۰/۳۲۳de	۰/۱۹۸g-i	۱/۴۶g	۰/۷۳۱qr
چمران	۰/۱۶۹h	۰/۲۴۵a-h	۰/۳۱۵a-d	۰/۲۰۱i-m	۰/۱۹۸h	۰/۲۷۹a-h	۰/۳۶۸ab	۰/۲۱۶f-i	۱/۸۴b	۰/۸۱۸p
کرج	۰/۱۸۲d-h	۰/۲۶۳a-f	۰/۲۷۱b-g	۰/۱۸۳lm	۰/۲۲۶d-h	۰/۲۹۲a-f	۰/۳۱۷de	۰/۱۹۷g-i	۱/۴۸g	۰/۶۹۶st
بهار	۰/۱۸۲d-h	۰/۲۵۹a-g	۰/۲۸۶a-f	۰/۱۹۳k-m	۰/۲۳۸b-h	۰/۲۵۴a-h	۰/۳۲de	۰/۲۱۲f-i	۱/۵۷e	۰/۷۴۳qr
قدس	۰/۱۸۸c-h	۰/۲۷۱a-c	۰/۲۴۴c-k	۰/۲۶۶b-g	۰/۲۳۲c-h	۰/۲۴۲a-h	۰/۳۲۸c-e	۰/۲۱۲f-i	۱/۲۹hi	۰/۹۸۳m
شیراز	۰/۲۲۴a-h	۰/۲۹۱a	۰/۲۴۸e-z	۰/۱۷۰m	۰/۲۴۴a-h	۰/۳۱۹ab	۰/۳۰۹e	۰/۱۹۱i	۱/۱ok	۰/۵۸۳u
کویر	۰/۱۸۹c-h	۰/۲۵۶a-h	۰/۲۹۰a-e	۰/۱۸۴lm	۰/۲۱۵f-h	۰/۲۹۱a-f	۰/۳۶۲a-c	۰/۲۰g-i	۱/۵۳f	۰/۷۱۷rs
الموت	۰/۲۱۶b-h	۰/۲۹۳a	۰/۲۴۲c-k	۰/۱۷۵m	۰/۲۴۲a-h	۰/۳۲۷a	۰/۳۱۴e	۰/۱۹۳hi	۱/۱۴j	۰/۵۹۷u
تجن	۰/۲۰b-h	۰/۲۶۷a-e	۰/۲۶۴c-h	۰/۲۷۳b-g	۰/۲۳۶b-h	۰/۳۰۳a-e	۰/۳۶۱a-c	۰/۲۰۷f-i	۱/۳۱jk	۱/۰۲l
خشکی ۱۱	۰/۱۹۶c-h	۰/۲۶۸a-d	۰/۲۶۱d-h	۰/۱۸۵lm	۰/۲۳۲d-h	۰/۲۹۱a-f	۰/۳۲۳de	۰/۲۰۷f-i	۱/۳۲h	۰/۶۹ost
شهریار	۰/۱۷۵f-h	۰/۲۵۳a-h	۰/۳۳۶a	۰/۲۱۱h-m	۰/۱۹۸h	۰/۲۸oa-h	۰/۳۸۵ab	۰/۲۲۹f-h	۱/۹۱a	۰/۸۳۳p
کارون	۰/۲۱۴a-h	۰/۲۳۵a-h	۰/۲۷۱b-g	۰/۱۷۹lm	۰/۲۱۶f-h	۰/۳۰۴a-e	۰/۳۱۷de	۰/۱۹۹g-i	۱/۲۶i	۰/۷۶۱q
گاسپارود	۰/۱۹۲c-h	۰/۲۷۲a-c	۰/۲۵۱e-i	۰/۲۵۲e-i	۰/۲۱۹e-h	۰/۳۰۹a-d	۰/۳۱۴e	۰/۲۰۳f-i	۱/۱۹hi	۰/۹۲۶n
امید	۰/۱۸۸c-h	۰/۲۶۰a-g	۰/۲۹۳a-e	۰/۲۳۳f-l	۰/۲۱۶f-h	۰/۲۸۹a-g	۰/۳۱۸de	۰/۲۰۲f-i	۱/۵۵ef	۰/۸۹۶no
مرودشت	۰/۱۸۴c-h	۰/۲۵۶a-h	۰/۳۱۹ab	۰/۱۹۴j-m	۰/۲۰۳gh	۰/۲۸۳a-h	۰/۳۷۳ab	۰/۲۲of-i	۱/۷۱c	۰/۷۵۶q

برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

تجن از نظر آماری معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین کاهش نسبت غلظت پتاسیم به سدیم اندام هوایی برابر با ۶۰ و ۱۳ درصد به ترتیب به ارقام نوید و شعله، بیشترین و کمترین کاهش غلظت پتاسیم ریشه برابر ۴۵ و ۳۳ درصد به ارقام نوید و بهار (جدول ۵) و بیشترین و کمترین کاهش نسبت غلظت پتاسیم به سدیم ریشه برابر ۶۳ و ۳۴ درصد به ارقام نوید و بهار تعلق داشت (جدول ۶). در اثر شوری غلظت سدیم اندام هوایی و ریشه در کلیه ارقام افزایش یافت. بیشترین و کمترین افزایش غلظت سدیم اندام هوایی برابر ۳۱ و ۸ درصد به ترتیب به ارقام سیستان و شعله ولی بیشترین و کمترین افزایش غلظت سدیم ریشه برابر ۵۲ و ۴ درصد به ارقام سیستان و قدس تعلق داشت

غلظت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، غلظت پتاسیم، سدیم و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت سدیم اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر شوری غلظت پتاسیم اندام هوایی در کلیه ارقام به‌استثنای رقم قدس و تجن و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، غلظت پتاسیم (جدول ۵) و نسبت غلظت پتاسیم به سدیم ریشه (جدول ۶) در کلیه ارقام به‌استثنای ارقام قدس و تجن کاهش یافت. بیشترین و کمترین کاهش غلظت پتاسیم اندام هوایی برابر با ۴۳ و ۵ درصد به ترتیب به ارقام نوید و شعله تعلق داشت (جدول ۵). تأثیر تنش شوری بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی ارقام قدس و

جدول ۶. برهمکنش اثر شوری و رقم بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه، غلظت کلروفیل و کاروتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و ارتفاع گیاه (سانتی متر)

ارقام گندم	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه		کلروفیل a		کلروفیل b		کاروتنوئید		ارتفاع گیاه	
	۱۵۰	صفر	۱۵۰	صفر	۱۵۰	صفر	۱۵۰	صفر	۱۵۰	صفر
سپاهان	۰/۸۱۰ ^o	۱/۹۳ ^b	۰/۵۱۱ ^{a-d}	۰/۴۳۵ ^{c-k}	۰/۲۸۸ ^{ab}	۰/۳۱۰ ^a	۰/۴۳۹ ^{e-l}	۰/۳۳۰ ^{m-o}	۶۶/۵ ^a	۴۵/۳ ^{ij}
سیستان	۰/۷۹۴ ^o	۱/۹۹ ^a	۰/۴۸۴ ^{a-e}	۰/۳۱۶ ^{k-m}	۰/۲۹۵ ^{ab}	۰/۳۰۲ ^a	۰/۵۹۷ ^{bc}	۰/۴۶۷ ^{d-i}	۶۵/۶ ^{ab}	۴۴/۷ ^{ij}
نوید	۰/۶۷۴ ^f	۱/۸۴ ^c	۰/۴۸۰ ^{a-e}	۰/۳۰۰ ^{lm}	۰/۲۷۲ ^{a-d}	۰/۱۲۳ ^{q-t}	۰/۴۴۹ ^{e-k}	۰/۳۴۷ ^{j-n}	۶۱/۷ ^{b-e}	۳۹/۲ ^{k-m}
شعله	۰/۷۰۸ ^{qr}	۱/۷۶ ^d	۰/۵۰۹ ^{a-d}	۰/۳۴۱ ^{g-m}	۰/۲۲۱ ^{d-k}	۰/۱۲۴ ^{q-t}	۰/۴۹۵ ^{c-f}	۰/۴۰۶ ^{e-n}	۴۴/۸ ^{ij}	۴۱/۲ ^{j-l}
سرخ تخم	۰/۶۱۴ st	۱/۳۴ ^{jk}	۰/۴۶۱ ^{a-h}	۰/۴۰۱ ^{d-l}	۰/۱۷۴ ^{j-q}	۰/۰۷۹ ^t	۰/۳۷۶ ⁱ⁻ⁿ	۰/۳۲۲ ^{m-o}	۵۵/۹ ^{fg}	۳۵/۴ ^m
پیشتاز	۰/۷۳۲ ^{pq}	۱/۵۹ ^f	۰/۵۴۳ ^{a-c}	۰/۳۲۱ ^{j-m}	۰/۲۱۲ ^{f-m}	۰/۲۱۸ ^{e-l}	۰/۴۲۴ ^{e-m}	۰/۳۴۴ ^{k-o}	۵۸/۰ ^{ef}	۳۷/۵ ^{lm}
چمران	۰/۷۸۲ ^{op}	۱/۸۶ ^c	۰/۵۶۷ ^{ab}	۰/۳۷۳ ^{c-m}	۰/۲۷۵ ^{a-c}	۰/۱۷۴ ^{j-q}	۰/۴۸۲ ^{d-i}	۰/۳۷۹ ^{h-n}	۶۴/۴ ^{a-c}	۳۸/۲ ^{lm}
کرج	۰/۶۷۹ ^{qr}	۱/۴۰ ^{hi}	۰/۴۹۸ ^{a-d}	۰/۳۲۶ ^{i-m}	۰/۲۲۷ ^{c-i}	۰/۱۵۰ ^{o-r}	۰/۴۵۳ ^{e-j}	۰/۳۸۷ ^{f-n}	۴۵/۹ ^{ij}	۴۴/۵ ^{ij}
بهار	۰/۸۹۴ ^m	۱/۳۷ ^{ij}	۰/۵۳۴ ^{a-c}	۰/۴۳۸ ^{c-k}	۰/۲۳۵ ^{c-h}	۰/۱۴۱ ^{p-s}	۰/۴۷۴ ^{d-i}	۰/۳۸۴ ^{h-n}	۶۰/۵ ^{c-f}	۳۶/۴ ^m
قدس	۰/۸۷۸ ^{mn}	۱/۴۲ ^{g-i}	۰/۵۸۱ ^a	۰/۳۳۸ ^{h-m}	۰/۲۲۵ ^{c-j}	۰/۱۵۷ ^{n-q}	۰/۵۶۳ ^{cd}	۰/۵۱۱ ^{c-e}	۵۹/۵ ^{d-f}	۳۹/۷ ^{k-m}
شیراز	۰/۶۰۴ st	۱/۲۶ ^l	۰/۴۸۷ ^{a-e}	۰/۲۷۶ ^m	۰/۱۹۸ ^{g-o}	۰/۰۹۳ st	۰/۴۰۱ ^{f-n}	۰/۳۳۲ ^{l-o}	۵۷/۷ ^{ef}	۳۵/۸ ^m
کویر	۰/۶۹۲ ^{qr}	۱/۶۸ ^e	۰/۵۳۰ ^{a-c}	۰/۳۲۵ ^{j-m}	۰/۱۸۱ ^{i-p}	۰/۱۶۸ ^{l-q}	۰/۴۷۲ ^a	۰/۳۹۷ ^{f-n}	۶۰/۰ ^{c-f}	۳۸/۷ ^{lm}
الموت	۰/۵۹۲ ^t	۱/۳۰ ^{kl}	۰/۵۰۰ ^{a-d}	۰/۴۵۰ ^{b-i}	۰/۲۱۴ ^{e-m}	۰/۱۰۰ ^{r-t}	۰/۳۱۲ ^{no}	۰/۲۳۸ ^o	۵۷/۹ ^{ef}	۳۵/۳ ^m
تجن	۰/۶۸۹ ^{qr}	۱/۵۴ ^f	۰/۵۲۴ ^{a-d}	۰/۳۵۴ ^{f-m}	۰/۲۴۹ ^{b-g}	۰/۱۷۲ ^{k-q}	۰/۴۵۴ ^{e-j}	۰/۳۴۷ ^{j-n}	۴۶/۸ ^{hi}	۳۷/۳ ^{lm}
خشکی ۱۱	۰/۷۱۰ ^{qr}	۱/۴۵ ^{gh}	۰/۵۸۱ ^a	۰/۳۷۲ ^{e-m}	۰/۲۶۵ ^{a-e}	۰/۲۲۷ ^{c-i}	۰/۴۸۶ ^{d-h}	۰/۴۱۱ ^{e-n}	۵۸/۳ ^{ef}	۴۳/۵ ^{i-k}
شهریار	۰/۸۲۶ ^{no}	۱/۹۴ ^{ab}	۰/۵۲۲ ^{a-d}	۰/۴۶۵ ^{a-g}	۰/۲۹۴ ^{ab}	۰/۱۶۳ ^{m-q}	۰/۴۷۳ ^{d-i}	۰/۳۸۸ ^{f-n}	۵۱/۵ ^{gh}	۵۲/۷ ^g
کارون	۰/۶۵۹ ^{rs}	۱/۴۷ ^g	۰/۴۹۸ ^{a-d}	۰/۳۳۶ ^{i-m}	۰/۲۷۳ ^{a-c}	۰/۱۵۳ ^{o-r}	۰/۴۷۳ ^{d-i}	۰/۳۸۶ ^{g-n}	۶۰/۰ ^{c-f}	۳۸/۳ ^{lm}
گاسپارود	۰/۶۶۱ ^{rs}	۱/۴۳ ^{gh}	۰/۴۶۸ ^{a-f}	۰/۳۴۴ ^{f-m}	۰/۲۶۱ ^{a-f}	۰/۱۷۴ ^{j-q}	۰/۶۹۱ ^b	۰/۴۱۹ ^{c-n}	۶۳/۱ ^{a-d}	۳۶/۴ ^m
امید	۰/۷۰۱ ^{qr}	۱/۴۷ ^g	۰/۴۴۳ ^{b-j}	۰/۲۷۴ ^m	۰/۲۶۰ ^{a-f}	۰/۱۸۴ ^{h-p}	۰/۴۹۴ ^{c-g}	۰/۳۷۴ ⁱ⁻ⁿ	۶۱/۴ ^{b-e}	۳۶/۴ ^m
مروذشت	۰/۷۷۷ ^{op}	۱/۸۴ ^c	۰/۵۴۱ ^{a-c}	۰/۴۳۷ ^{c-k}	۰/۲۷۵ ^{a-c}	۰/۲۰۷ ^{g-n}	۰/۵۱۳ ^{c-e}	۰/۳۹۵ ^{f-n}	۶۴/۱ ^{a-d}	۳۹/۷ ^{k-m}

برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

غنی‌سازی غلظت دی‌اکسید کربن، غلظت پتاسیم اندام هوایی را در ارقام شعله، قدس، گاسپارود، ۹ درصد و در رقم تجن، ۴ درصد کاهش داد. در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی کلیه ارقام به‌استثنای رقم قدس افزایش یافت. بیشترین و کمترین افزایش برابر با ۳۴ و ۰/۶۷ درصد به‌ترتیب به ارقام چمران و گاسپارود تعلق داشت. این نسبت در رقم قدس در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن ۱۱ درصد کاهش یافت.

غلظت کلروفیل و کاروتنوئید

تأثیر شوری بر غلظت کلروفیل a و b و غلظت کاروتنوئید در

(جدول ۵). در آزمایش فرهودی نیز تأثیر برهمکنش شوری و رقم بر نسبت غلظت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در گندم معنی‌دار بود و بین ارقام تفاوت قابل ملاحظه‌ای از این نظر وجود داشت (۱۳).

تأثیر برهمکنش غلظت دی‌اکسید کربن و رقم بر نسبت غلظت پتاسیم به سدیم اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت پتاسیم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن غلظت پتاسیم اندام هوایی کلیه ارقام به‌استثنای رقم شعله، قدس و گاسپارود افزایش یافت (جدول ۸). بیشترین و کمترین افزایش برابر ۱۶ و ۷ درصد، به‌ترتیب به ارقام چمران و بهار تعلق داشت.

جدول ۷. برهمکنش اثر شوری و رقم بر سطح برگ (سانتی‌متر مربع در بوته)، حجم ریشه (سانتی‌متر مکعب در بوته) و وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم در بوته)

ارقام گندم	سطح برگ		حجم ریشه		وزن خشک اندام هوایی		وزن خشک ریشه	
	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر	۱۵°	صفر
سپاهان	۵۳/۱ ^{d-j}	۶۷/۲ ^{a-d}	۲/۹۹ ^{gh}	۵/۱۳ ^a	۰/۹۴ ^{۵a}	۰/۶۸۸ ^{g-i}	۰/۳۲۶ ^{bc}	۰/۲۵۰ ^{f-j}
سیستان	۵۵/۸ ^{b-h}	۶۶/۹ ^{a-e}	۲/۴۵ ^{ij}	۴/۵۲ ^b	۰/۸۹۴ ^{ab}	۰/۶۳۴ ^{i-k}	۰/۳۰۱ ^{b-f}	۰/۲۳۷ ^{h-j}
نوید	۳۴/۱ ^{k-m}	۵۷/۳ ^{b-g}	۲/۲۴ ^{i-l}	۴/۰۵ ^{cd}	۰/۷۶۲ ^{d-g}	۰/۵۴۳ ^{k-m}	۰/۲۵۹ ^{e-h}	۰/۲۰۴ ⁱ⁻ⁿ
شعله	۳۶/۶ ^{k-m}	۶۳/۵ ^{a-f}	۲/۱۳ ^{j-n}	۳/۲۹ ^{fg}	۰/۸۱۵ ^{b-f}	۰/۵۱۲ ^{lm}	۰/۱۶۸ ^{m-o}	۰/۱۱۴ ^{p-r}
سرخ‌تخم	۳۰/۴ ^m	۵۱/۹ ^{e-j}	۰/۹۶۰ ^q	۲/۱۸ ^{i-m}	۰/۶۹۷ ^{g-i}	۰/۴۸۲ ^{lm}	۰/۰۹۵ ^{rs}	۰/۰۵۹ ^s
پیشناز	۴۶/۹ ^{g-l}	۷۳/۳ ^a	۲/۰۸ ^{k-n}	۳/۰۷ ^{gh}	۰/۸۶۱ ^{a-c}	۰/۵۵۰ ^{j-m}	۰/۲۱۷ ^{h-m}	۰/۲۰۰ ⁱ⁻ⁿ
چمران	۵۲/۳ ^{d-j}	۷۷/۳ ^a	۲/۳۱ ^{i-l}	۳/۲۶ ^{fh}	۰/۸۷۴ ^{ab}	۰/۶۲۶ ^{i-k}	۰/۳۵۱ ^{ab}	۰/۲۹۵ ^{c-g}
کرج	۴۱/۸ ^{h-m}	۶۴/۷ ^{a-e}	۲/۲۵ ^{i-l}	۳/۲۹ ^{fg}	۰/۸۵۴ ^{a-d}	۰/۴۶۰ ^m	۰/۳۹۰ ^a	۰/۲۲۱ ^{h-l}
بهار	۳۳/۵ ^{k-m}	۷۰/۴ ^{ab}	۱/۸۱ ^{n-p}	۲/۲۷ ^{i-l}	۰/۷۵۹ ^{d-g}	۰/۴۹۷ ^{lm}	۰/۲۴۹ ^{g-j}	۰/۲۰۳ ⁱ⁻ⁿ
قدس	۴۰/۶ ^{i-m}	۶۸/۸ ^{a-c}	۱/۸۴ ^{m-p}	۲/۹۴ ^h	۰/۷۴۸ ^{e-g}	۰/۵۴۳ ^{k-m}	۰/۱۹۹ ^{j-n}	۰/۱۳۴ ^{o-r}
شیراز	۲۹/۵ ^m	۵۱/۹ ^{e-j}	۱/۶۰ ^p	۲/۵۱ ⁱ	۰/۷۰۷ ^{g-i}	۰/۴۵۶ ^m	۰/۱۰۸ ^{q-s}	۰/۰۹۰ ^{rs}
کویر	۳۸/۳ ^{j-m}	۷۰/۴ ^{ab}	۱/۸۴ ^{m-p}	۲/۴۴ ^{ij}	۰/۸۳۸ ^{b-e}	۰/۶۲۷ ^{i-k}	۰/۱۷۶ ^{l-o}	۰/۱۰۶ ^{rs}
الموت	۲۸/۵ ^m	۴۸/۵ ^{f-k}	۱/۷۳ ^{o-p}	۳/۱۱ ^{gh}	۰/۷۳۳ ^{f-h}	۰/۴۶۷ ^{lm}	۰/۱۳۸ ^{o-r}	۰/۰۹۴ ^{rs}
تجن	۳۲/۹ ^{lm}	۷۴/۷ ^a	۲/۱۳ ^{j-n}	۳/۶۰ ^{ef}	۰/۸۷۱ ^{a-c}	۰/۶۸۹ ^{g-i}	۰/۱۵۸ ^{p-q}	۰/۱۱۱ ^{qf}
خشکی ۱۱	۳۹/۵ ^{i-m}	۷۲/۸ ^a	۲/۱۳ ^{j-n}	۳/۷۴ ^{de}	۰/۹۰۳ ^{ab}	۰/۶۴۰ ^{h-j}	۰/۲۶۴ ^{d-h}	۰/۲۰۲ ⁱ⁻ⁿ
شهریار	۵۴/۴ ^{c-i}	۶۶/۰ ^{a-e}	۲/۴۲ ^{i-k}	۴/۸۵ ^{ab}	۰/۸۹۴ ^{ab}	۰/۶۳۱ ^{i-k}	۰/۳۰۴ ^{b-e}	۰/۱۷۰ ^{l-o}
کارون	۴۱/۷ ^{h-m}	۶۴/۳ ^{a-e}	۲/۱۱ ^{j-n}	۳/۲۸ ^{f-h}	۰/۸۱۲ ^{b-f}	۰/۵۴۱ ^{k-m}	۰/۲۴۳ ^{h-j}	۰/۱۸۱ ^{k-o}
گاسپارود	۴۱/۳ ^{h-m}	۷۳/۰ ^a	۲/۰۹ ^{k-n}	۳/۶۸ ^e	۰/۷۷۷ ^{c-g}	۰/۵۵۹ ^{j-l}	۰/۲۵۱ ^{f-i}	۰/۲۰۵ ⁱ⁻ⁿ
امید	۳۵/۲ ^{k-m}	۶۸/۴ ^{a-c}	۲/۰۲ ^{l-o}	۳/۶۸ ^e	۰/۸۲۴ ^{b-f}	۰/۶۱۲ ^{i-k}	۰/۲۳۱ ^{h-k}	۰/۱۶۴ ^{n-p}
مرو دشت	۴۰/۲ ^{i-m}	۷۴/۷ ^a	۲/۲۲ ^{i-l}	۴/۱۶ ^c	۰/۷۵۲ ^{e-g}	۰/۶۹۱ ^{g-i}	۰/۳۱۲ ^{b-d}	۰/۲۴۳ ^{h-j}

برای هر صفت تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

مطالعه لویز و همکاران، تنش شوری باعث افزایش غلظت کاروتنوئید در جو شد (۲۸).
تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر غلظت کلروفیل a و b و غلظت کاروتنوئید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در شرایط غنی شده دی‌اکسید کربن در مقایسه با غلظت معمول آن ۱۲/۴، ۱۸/۴ و ۱۶/۷ درصد افزایش یافت (جدول ۲). در آزمایش قادری و همکاران در اثر غنی‌سازی غلظت دی‌اکسید کربن محیط تا سطح ۷۰۰ میکرومول بر مول غلظت کلروفیل a و b در کلزا افزایش یافت (۳۰). در آزمایش کاظمی بر روی برنج نیز افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از سطح ۳۸۰ به ۷۰۰

سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). غلظت کلروفیل a و b و غلظت کاروتنوئید در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیر شور به ترتیب ۲۶/۸، ۲۹/۹ و ۲۰/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در آزمایش فرهودی نیز تنش شوری معادل ۱۲۰ میلی‌مولار سبب کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a و b در گیاهچه‌های گندم شد (۱۳). امیرجانی گزارش کرد که محتوای کلروفیل b در سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در برنج ۴۱ درصد کاهش یافت (۳). طباطبایی و احسان‌زاده نیز گزارش کردند که شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم سبب کاهش غلظت کاروتنوئیدها در گندم‌های تتراپلوئید پوشینه‌دار و دوروم می‌شود (۳۴)، درحالی‌که در

جدول ۸. برهمکنش اثر دی‌اکسید کربن و رقم بر غلظت پتاسیم اندام هوایی، نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی، کلروفیل b، ارتفاع گیاه و سطح برگ

ارقام گندم	پتاسیم اندام هوایی		نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی		کلروفیل b		ارتفاع گیاه		سطح برگ	
	۷۰۰	۳۸۰	۷۰۰	۳۸۰	۷۰۰	۳۸۰	۷۰۰	۳۸۰	۷۰۰	۳۸۰
سپاهان	۰/۲۹۲ ^{a-c}	۰/۲۶۵ ^{a-g}	۱/۴۵ ^a	۱/۲۵ ^d	۰/۳۱۱ ^a	۰/۲۸۷ ^{ab}	۵۰/۵ ^{d-k}	۶۱/۳ ^a	۵۷/۹ ^{a-e}	۶۲/۴ ^{a-c}
سیستان	۰/۲۹۳ ^{ab}	۰/۲۵۷ ^{a-i}	۱/۴۰ ^b	۱/۱۰ ^{jk}	۰/۳۱۰ ^a	۰/۲۸۷ ^{ab}	۴۹/۰ ^{g-l}	۶۱/۳ ^a	۵۸/۵ ^{a-e}	۶۲/۳ ^{a-c}
نوید	۰/۲۶۳ ^{a-g}	۰/۲۳۵ ^{d-j}	۱/۲۰ ^{ef}	۰/۹۸۱ ^{mn}	۰/۲۱۷ ^{c-h}	۰/۱۷۸ ^{g-l}	۴۴/۸ ^{t-p}	۵۶/۱ ^{b-c}	۴۳/۴ ^{e-i}	۴۸/۰ ^{c-i}
شعله	۰/۲۵۱ ^{a-j}	۰/۲۸۰ ^{a-d}	۱/۲۵ ^d	۱/۲۱ ^e	۰/۱۸۳ ^{f-l}	۰/۱۵۵ ^{t-m}	۳۹/۰ ^q	۴۷/۰ ^{j-n}	۴۷/۸ ^{c-i}	۵۲/۳ ^{b-g}
سرخ‌تخم	۰/۲۲۵ ^{e-j}	۰/۲۰۷ ^{ij}	۰/۹۰۱ ^{qr}	۰/۸۰ ^{o-u}	۰/۱۴۲ ^{k-m}	۰/۱۰۶ ^m	۴۱/۸ ^{o-q}	۴۹/۴ ^{f-l}	۴۰/۵ ^{g-i}	۴۵/۴ ^{d-i}
پیشناز	۰/۲۴۴ ^{a-j}	۰/۲۰۶ ^{ij}	۱/۱۵ ^{g-i}	۰/۹۳۸ ^{op}	۰/۲۳۰ ^{c-f}	۰/۲۰۰ ^{d-j}	۴۳/۷ ^{m-q}	۵۱/۸ ^{c-i}	۵۷/۴ ^{a-e}	۶۲/۷ ^{a-c}
چمران	۰/۲۲۵ ^{d-j}	۰/۲۳۵ ^{d-j}	۱/۴۳ ^{ab}	۱/۰۷ ^{kl}	۰/۲۰۴ ^{d-j}	۰/۲۰۴ ^{d-j}	۴۷/۶ ^{i-m}	۵۴/۹ ^{b-e}	۶۳/۳ ^{ab}	۶۸/۳ ^a
کرج	۰/۲۴۱ ^{a-j}	۰/۲۱۳ ^{g-j}	۱/۱۲ ^{ij}	۰/۹۲۶ ^{pq}	۰/۱۷۱ ^{h-l}	۰/۱۷۱ ^{h-l}	۴۱/۸ ^{o-q}	۴۸/۶ ^{h-l}	۵۰/۸ ^{b-i}	۵۵/۷ ^{a-f}
بهار	۰/۲۴۹ ^{a-j}	۰/۲۳۰ ^{d-j}	۱/۱۸ ^{e-g}	۱/۰۰ ^m	۰/۲۰۶ ^{d-j}	۰/۱۷۰ ^{h-l}	۴۳/۰ ^{m-q}	۵۴/۰ ^{b-f}	۴۹/۲ ^{b-i}	۵۴/۷ ^{a-g}
قدس	۰/۲۴۱ ^{a-j}	۰/۲۶۹ ^{a-f}	۱/۰۴ ⁱ	۱/۱۷ ^{f-h}	۰/۲۱۱ ^{d-i}	۰/۱۷۱ ^{h-l}	۴۵/۴ ^{t-p}	۵۲/۸ ^{b-f}	۵۲/۳ ^{b-g}	۵۷/۰ ^{a-e}
شیراز	۰/۲۱۸ ^{f-j}	۰/۱۹۹ ^j	۰/۸۶۳ ^t	۰/۷۵۸ ^v	۰/۱۵۹ ^{j-l}	۰/۱۳۳ ^{lm}	۴۲/۸ ^{n-q}	۵۰/۷ ^{d-k}	۳۶/۸ ^{hi}	۴۱/۰ ^{f-i}
کویر	۰/۲۴۷ ^{a-j}	۰/۲۲۷ ^{d-j}	۱/۱۷ ^{f-h}	۰/۹۶۸ ^{no}	۰/۱۸۴ ^{f-l}	۰/۱۶۳ ^{i-l}	۴۴/۹ ^{t-p}	۵۳/۸ ^{b-f}	۵۱/۴ ^{b-h}	۵۷/۳ ^{a-e}
الموت	۰/۲۱۷ ^{f-j}	۰/۱۹۹ ^j	۰/۸۹۵ ^{rs}	۰/۷۵ ^{o-v}	۰/۱۷۳ ^{h-l}	۰/۱۴۴ ^{k-m}	۴۳/۰ ^{m-q}	۵۰/۲ ^{c-k}	۳۵/۹ ⁱ	۴۱/۲ ^{f-i}
تجن	۰/۲۶۲ ^{a-h}	۰/۲۷۵ ^{a-e}	۱/۱۷ ^{f-h}	۱/۱۲ ^{ij}	۰/۲۳۲ ^{c-f}	۰/۱۸۸ ^{e-k}	۴۰/۹ ^{pq}	۴۳/۲ ^{m-q}	۵۱/۱ ^{b-h}	۵۶/۵ ^{a-e}
خشکی ۱۱	۰/۲۳۵ ^{d-j}	۰/۲۱۲ ^{g-j}	۱/۰۷ ^{kl}	۰/۸۶۵ st	۰/۲۰۴ ^{d-j}	۰/۲۰۴ ^{d-j}	۴۶/۸ ^{k-n}	۵۵/۰ ^{b-d}	۵۳/۴ ^{a-g}	۵۸/۹ ^{a-d}
شهریار	۰/۲۹۵ ^a	۰/۲۵۲ ^{a-j}	۱/۴۱ ^b	۱/۱۴ ^{hi}	۰/۲۳۷ ^{b-e}	۰/۲۲۰ ^{c-h}	۵۱/۶ ^{c-j}	۵۲/۶ ^{b-h}	۶۱/۴ ^{a-c}	۵۹/۰ ^{a-d}
کارون	۰/۲۴۱ ^{a-j}	۰/۲۰۸ ^{h-j}	۱/۱۶ ^{gh}	۰/۸۶۳ ^t	۰/۲۲۹ ^{c-g}	۰/۱۹۷ ^{d-j}	۴۴/۹ ^{t-p}	۵۳/۴ ^{b-g}	۵۰/۸ ^{b-i}	۵۵/۱ ^{a-g}
گاسپارود	۰/۲۳۸ ^{c-j}	۰/۲۶۵ ^{a-g}	۱/۰۸ ^k	۱/۰۷ ^{kl}	۰/۲۳۶ ^{b-e}	۰/۱۹۹ ^{d-j}	۴۶/۳ ^{k-o}	۵۳/۳ ^{b-h}	۵۴/۳ ^{a-g}	۶۰/۰ ^{a-d}
امید	۰/۲۸۰ ^{a-d}	۰/۲۴۵ ^{a-j}	۱/۰۴ ⁱ	۱/۰۴ ⁱ	۰/۲۰۴ ^{d-j}	۰/۲۰۴ ^{d-j}	۴۴/۹ ^{t-p}	۵۲/۹ ^{b-h}	۵۱/۴ ^{b-h}	۵۲/۲ ^{b-g}
مرودرشت	۰/۲۷۳ ^{a-e}	۰/۲۴۰ ^{b-j}	۱/۰۷ ^{kl}	۱/۰۷ ^{kl}	۰/۲۶۳ ^{a-c}	۰/۲۱۸ ^{c-h}	۴۶/۷ ^{k-n}	۵۷/۲ ^{ab}	۵۵/۴ ^{a-g}	۵۹/۵ ^{a-d}

برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

تأثیر برهمکنش اثرات شوری و غلظت دی‌اکسید کربن بر غلظت کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت کلروفیل a و غلظت کاروتنوئید، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن غلظت کلروفیل a و b و غلظت کاروتنوئید در شرایط غیر شور به‌ترتیب ۱۴/۱، ۱۴/۴ و ۱۸/۳ درصد ولی در شرایط شور ۱۱/۷، ۲۴/۳ و ۱۴/۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مثبت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر غلظت کلروفیل a و کاروتنوئید در شرایط غیر شور ولی بر غلظت کلروفیل b در شرایط شور بیشتر بود. کاروتنوئید به‌عنوان یک رنگدانه مؤثر در مقاومت به تنش‌ها، در شرایط شوری به‌طور معمول افزایش می‌یابد

میکرومول بر مول، باعث افزایش ۱۸ درصدی غلظت کاروتنوئید شد (۲۰). تفاوت ارقام مورد مطالعه از نظر غلظت کلروفیل b در سطح احتمال یک درصد و از نظر غلظت کلروفیل a و غلظت کاروتنوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل a به‌ترتیب به ارقام شهریار (۰/۴۹۳) و امید (۰/۳۵۹) و برای کلروفیل b به ارقام سپاهان (۰/۲۹۹) و بهار (۰/۱۱۸) میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) تعلق داشت (جدول ۲). بیشترین و کمترین غلظت کاروتنوئید به‌ترتیب به ارقام گاسپارود (۰/۵۵۵) و الموت (۰/۲۷۵) میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) تعلق داشت.

سطح برگ کاهش می‌یابد. کاهش سطح برگ در شرایط شور ممکن است در ارتباط با کاهش فشار آماس سلول یا ناشی از تغییر در ارسال پیام‌های هورمونی از ریشه به برگ‌ها است (۱۱). در آزمایش امیدگی نرگسی روی گندم، سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار باعث کاهش ۲۵ درصدی ارتفاع گیاه شد (۲۷). کاهش رشد، که بخش عمده آن نتیجه جلوگیری از بزرگ شدن و تقسیم سلولی است، تحت تأثیر فرآیندهای متعددی مانند عدم تعادل یونی، تغییر در وضعیت آب گیاه، کاهش کارایی فتوسنتز، اختلال در جذب عناصر و اختلال در جذب، احیاء و متابولیسم نیتروژن و پروتئین است (۱۹).

تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر سطح برگ و ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). سطح برگ و ارتفاع گیاه در شرایط غنی شده غلظت دی‌اکسید کربن ۸/۶ و ۱۸ درصد افزایش یافت (جدول ۳). در آزمایش آلیر و کریستی روی گندم، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۶۵ به ۵۵۰ میکرومول بر مول سطح برگ را ۲۱ درصد افزایش داد (۲۵). در آزمایش شور و همکاران، سطح برگ گل جعفری در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۷۰۰ به ۱۰۵۰ میکرومول بر مول، افزایش سه برابری نشان داد (۳۳). چنگ و همکاران بیان داشتند که با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن محیط از ۳۸۰ به ۶۸۰ میکرومول بر مول ارتفاع گیاه به‌طور معنی‌داری در بوته‌های برنج افزایش می‌یابد (۸).

تفاوت ارقام مورد مطالعه از نظر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد و از نظر سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین سطح برگ به‌ترتیب به ارقام چمران (۶۴/۷) و الموت (۳۸/۵ سانتی‌متر) و بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه به ارقام سپاهان (۵۵/۹) و تجن (۴۲/۰ سانتی‌متر مربع در بوته) تعلق داشت (جدول ۳).

تأثیر برهمکنش شوری و غلظت دی‌اکسید کربن بر سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن سطح برگ و ارتفاع گیاه در شرایط

(۲۴). با این حال، تولید این ماده نیاز به انرژی نسبتاً بالایی دارد و لذا هر عاملی از جمله افزایش دی‌اکسید کربن که منجر به بهبود فرآیند فتوسنتز و در نتیجه افزایش انرژی در دسترس گیاه شود، می‌تواند سرعت تولید کاروتنوئیدها را افزایش دهد (۹).

تأثیر برهمکنش شوری و رقم بر غلظت کلروفیل a و b و غلظت کاروتنوئید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر شوری غلظت کلروفیل a در کلیه ارقام کاهش یافت و بیشترین و کمترین کاهش برابر ۴۱/۸ و ۱۰ درصد به‌ترتیب به ارقام قدس و الموت تعلق داشت (جدول ۶). در اثر شوری غلظت کلروفیل b در کلیه ارقام به‌استثنای ارقام سپاهان، سیستان و پیشتاز کاهش یافت و بیشترین و کمترین کاهش برابر ۱۱۸ و ۷/۲ درصد به ارقام سرخ‌تخم و کویر تعلق داشت. در ارقام سپاهان، سیستان و پیشتاز شوری به‌ترتیب موجب افزایش ۷/۶، ۲/۴ و ۲/۸ درصدی غلظت کلروفیل b شد. در اثر شوری غلظت کاروتنوئید در کلیه ارقام کاهش یافت و بیشترین و کمترین کاهش برابر ۳۹/۴ و ۹/۲ درصد به‌ترتیب به ارقام گاسپارود و قدس تعلق داشت. در آزمایش ارزانی و صالحی نیز بین ارقام گندم از نظر واکنش به تنش شوری تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود داشت (۴).

تأثیر برهمکنش دی‌اکسید کربن و رقم بر غلظت کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن غلظت کلروفیل b در کلیه ارقام افزایش یافت و بیشترین و کمترین افزایش برابر ۳۴ و ۸ درصد به‌ترتیب به ارقام سرخ‌تخم و سیستان تعلق داشت (جدول ۸).

سطح برگ و ارتفاع گیاه

تأثیر شوری بر سطح برگ و ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). سطح برگ و ارتفاع گیاه در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به تیمار غیر شور ۳۹/۲ و ۳۱/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در مطالعه ال‌هنداوی سطح برگ گندم در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار ۲۸ درصد کاهش یافت. پاسخ مستقیم گیاهان به افزایش سطح شوری به‌صورت کاهش رشد و توسعه برگ‌ها است که به‌دنبال آن

ارقام بهار و شهریاری تعلق داشت.

حجم ریشه

تأثیر شوری بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). حجم ریشه در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار نسبت به تیمار غیر شور ۴۰/۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در مطالعه اکبری قوژدی و همکاران روی ارقام گندم، در سطح شوری ۱۵ دسی زیمنس بر متر، حجم ریشه ۵۶ درصد کاهش نشان داد (۲).

تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). حجم ریشه در شرایط غنی شده غلظت دی اکسید کربن در مقایسه با غلظت معمول آن ۱۴/۳ درصد افزایش یافت (جدول ۳). در آزمایش کاظمی در شرایط غنی شده دی اکسید کربن، حجم ریشه در گیاه برنج ۱۲ درصد افزایش نشان داد (۲۰).

تفاوت ارقام مورد مطالعه از نظر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین حجم ریشه به ترتیب به ارقام سپاهان (۴/۰۶) و سرخ تخم (۱/۵۷) سانتی متر مکعب در بوته تعلق داشت (جدول ۳).

تأثیر برهمکنش شوری و غلظت دی اکسید کربن بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن حجم ریشه در شرایط غیر شور ۱۹ و در شرایط شور ۶/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۴). این نتایج نشان می دهد که تأثیر مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن بر حجم ریشه در شرایط غیر شور بیشتر بوده است.

تأثیر برهمکنش شوری و رقم بر حجم ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین و کمترین حجم ریشه در شرایط غیر شور به ترتیب به ارقام سپاهان (۵/۱۳) و سرخ تخم (۲/۱۸) و در شرایط شور به ارقام سپاهان (۲/۹۹) و سرخ تخم (۰/۹۶۰ سانتی متر مکعب در بوته) تعلق داشت (جدول ۷). در اثر شوری حجم ریشه در کلیه ارقام کاهش یافت و بیشترین و کمترین کاهش برابر ۵۶ و ۲۰/۳

غیرشور به ترتیب ۶/۱ و ۶/۹ و در شرایط شور ۱۲/۶ و ۳۶/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). این نتایج نشان می دهد که تأثیر مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن بر سطح برگ و ارتفاع گیاه در شرایط شور بیشتر بوده است. در آزمایش کاظمی بر روی برنج و در آزمایش نیکلاس و همکاران روی گندم، افزایش غلظت دی اکسید کربن محیط ارتفاع گیاه و سطح برگ را در شرایط شور در مقایسه با شرایط غیر شور به نسبت بیشتری افزایش داد (۲۰ و ۲۴).

تأثیر برهمکنش شوری و رقم بر سطح برگ و ارتفاع گیاه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۱). در اثر شوری ارتفاع گیاه در کلیه ارقام به استثنای رقم شهریاری کاهش یافت و بیشترین و کمترین کاهش برابر ۴۲/۳ و ۳/۱ درصد به ترتیب به ارقام گاسپارود و کرج تعلق داشت (جدول ۶). در رقم شهریاری در اثر شوری ارتفاع گیاه تغییر معنی داری نکرد. در اثر شوری سطح برگ کلیه ارقام کاهش یافت و بیشترین و کمترین کاهش برابر ۵۶ و ۱۶/۶ درصد به ارقام تاجن و سیستان تعلق داشت (جدول ۷). در آزمایش ژنگ و همکاران سطح برگ رقم مقاوم گندم فقط در سطح شوری هفت دسی زیمنس بر متر کاهش یافت و در سطوح شوری سه و پنج دسی زیمنس بر متر، کاهش معنی داری نشان نداد، ولی در رقم حساس، سطح برگ در کلیه سطوح شوری به طور معنی داری کاهش یافت (۳۷).

تأثیر برهمکنش غلظت دی اکسید کربن و رقم بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن، سطح برگ در کلیه ارقام به استثنای شهریاری افزایش یافت. بیشترین و کمترین افزایش برابر ۱۴/۸ و ۱/۵ درصد به ارقام الموت و امید تعلق داشت (جدول ۸). در حالی که در رقم شهریاری در اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن، سطح برگ چهار درصد کاهش یافت. با افزایش غلظت دی اکسید کربن ارتفاع گیاه در کلیه ارقام افزایش یافت و بیشترین و کمترین افزایش برابر ۲۵/۶ و ۱/۹ درصد به ترتیب به

درصد متعلق به ارقام سرخ‌تخم و بهار بود.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه

تأثیر شوری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). وزن خشک اندام هوایی و ریشه در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به ترتیب ۳۰ و ۲۲/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۳). قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به‌ویژه پتاسیم، کلسیم و منیزیم تحت تأثیر شوری بوده و شوری منجر به تغییر در نسبت پتاسیم به سدیم یا کلسیم به سدیم و در نهایت کاهش رشد گیاه می‌شود (۱۱). در مطالعه حاضر نیز تنش شوری به‌واسطه تغییر در تعادل یونی (افزایش ۳۹/۵ درصدی سدیم و کاهش ۲۷/۲ درصدی پتاسیم)، باعث کاهش قابل توجه وزن خشک گیاه شد (جدول ۲). علاوه بر این، در این مطالعه تنش شوری سبب کاهش ۲۹/۹ و ۲۶/۸ درصدی کلروفیل a و b شد (جدول ۲). در مطالعه ال‌هنداوی و وزن خشک اندام هوایی گندم در اثر شوری ۱۲۰ میلی‌مولار ۲۵ درصد کاهش یافت (۱۱).

تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط غنی شده غلظت دی‌اکسید کربن در مقایسه با غلظت معمول آن به ترتیب ۱۲/۹ و ۹/۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳). در آزمایش هگی و همکاران روی گندم، افزایش غلظت دی‌اکسید کربن وزن خشک گیاه را ۱۲ درصد افزایش داد (۱۸). در مطالعه حاضر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن به‌واسطه کاهش ۸ درصدی غلظت سدیم و افزایش ۷/۷ درصدی غلظت پتاسیم اندام هوایی و همچنین افزایش ۱۸/۴ و ۱۲/۴ درصدی غلظت کلروفیل a و b، باعث افزایش قابل توجه ماده خشک گیاه شد (جدول ۲).

تفاوت ارقام مورد مطالعه از نظر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد و از نظر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن

خشک اندام هوایی به ترتیب به ارقام سپاهان (۰/۸۱۶) و شیراز (۰/۵۸۲) گرم در بوته) و بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه به ارقام سپاهان (۰/۲۸۸) و شیراز (۰/۰۹۹) گرم در بوته) تعلق داشت (جدول ۳).

تأثیر برهمکنش شوری و غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط غیر شور به ترتیب ۸/۵ و ۷/۱ درصد و در شرایط شور به ترتیب ۱۹/۸ و ۱۲/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مثبت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک اندام هوایی در شرایط شور بیشتر بوده است. در آزمایش زهتاب روی جو نیز، تأثیر مثبت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط شور بیشتر بود (۳۵).

تأثیر برهمکنش شوری و رقم بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال یک درصد و بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی در شرایط غیر شور به ترتیب به ارقام سپاهان (۰/۹۴۵) و سرخ‌تخم (۰/۶۹۷) و در شرایط شور به ارقام تجن (۰/۶۸۹) و کرج (۰/۴۶۰) گرم در بوته) تعلق داشت (جدول ۷). بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه در شرایط غیر شور به ترتیب به ارقام کرج (۰/۳۹۰) و سرخ‌تخم (۰/۰۹۵) و در شرایط شور به ارقام چمران (۰/۲۹۵) و سرخ‌تخم (۰/۰۵۹) گرم در بوته) تعلق داشت. در اثر شوری وزن خشک اندام هوایی و ریشه در کلیه ارقام کاهش یافت. بیشترین و کمترین کاهش در وزن خشک اندام هوایی برابر ۴۶ و ۸ درصد به ارقام کرج و مرودشت و بیشترین و کمترین کاهش در وزن خشک ریشه برابر ۳۹ و ۸ درصد به ارقام کویر و پیشتاز تعلق داشت. با توجه به اینکه مقاومت ارقام به شرایط تنش با میزان کاهش در ماده خشک تولیدی سنجیده می‌شود، به‌نظر می‌رسد در شرایط این آزمایش، رقم مرودشت در مقایسه با دیگر ارقام مورد مطالعه از مقاومت نسبی بالاتری به تنش شوری برخوردار است.

جدول ۹. برهمکنش اثر دی‌اکسید کربن و رقم بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم در بوته)

وزن خشک ریشه		وزن خشک اندام‌هوائی		ارقام گندم
۷۰۰	۳۸۰	۷۰۰	۳۸۰	
۰/۳۱۷ ^{ab}	۰/۲۵۹ ^{d-h}	۰/۸۴۸ ^{bc}	۰/۷۸۴ ^{b-e}	سپاهان
۰/۲۷۵ ^{b-f}	۰/۲۶۴ ^{c-g}	۰/۷۸۱ ^{b-f}	۰/۷۴۹ ^{d-g}	سیستان
۰/۲۳۷ ^{e-j}	۰/۲۲۶ ^{f-k}	۰/۶۸۸ ^{f-l}	۰/۶۱۷ ^{k-o}	نوید
۰/۱۵۰ ^{m-p}	۰/۱۳۲ ^{o-r}	۰/۷۰۱ ^{e-k}	۰/۶۲۶ ^{j-o}	شعله
۰/۰۸۳ ^{rs}	۰/۰۷۱ ^s	۰/۶۱۷ ^{k-o}	۰/۵۶۲ ^{no}	سرخ‌تخم
۰/۲۱۱ ^{h-k}	۰/۲۰۶ ^{i-l}	۰/۷۶۵ ^{c-f}	۰/۶۴۶ ^{h-o}	پیش‌تاز
۰/۳۲۹ ^a	۰/۳۱۷ ^{ab}	۰/۹۷۱ ^a	۰/۶۲۹ ^{i-o}	چمران
۰/۲۶۷ ^{b-g}	۰/۲۴۴ ^{f-k}	۰/۷۳۳ ^{d-h}	۰/۵۸۰ ^{m-o}	کرج
۰/۲۳۳ ^{e-j}	۰/۲۲۰ ^{g-k}	۰/۶۶۵ ^{g-m}	۰/۵۹۱ ^{m-o}	بهار
۰/۱۷۷ ^{k-o}	۰/۱۵۶ ^{l-p}	۰/۶۸۷ ^{f-l}	۰/۶۰۳ ^{l-o}	قدس
۰/۱۰۵ ^{p-s}	۰/۰۹۴ ^{q-s}	۰/۶۱۲ ^{k-o}	۰/۵۵۱ ^o	شیراز
۰/۱۴۴ ^{n-q}	۰/۱۳۷ ^{n-q}	۰/۷۵۰ ^{d-g}	۰/۷۱۶ ^{d-j}	کویر
۰/۱۱۷ ^{p-s}	۰/۱۱۵ ^{p-s}	۰/۶۱۹ ^{k-o}	۰/۵۸۱ ^{m-o}	الموت
۰/۱۴۵ ^{n-q}	۰/۱۲۴ ^{p-r}	۰/۸۷۱ ^b	۰/۶۹۰ ^{e-l}	تجن
۰/۲۳۵ ^{e-j}	۰/۲۲۸ ^{f-k}	۰/۸۰۹ ^{b-d}	۰/۷۳۵ ^{d-h}	خشکی ۱۱
۰/۲۹۱ ^{a-d}	۰/۲۸۳ ^{a-e}	۰/۷۸۰ ^{b-f}	۰/۷۴۴ ^{d-g}	شهریار
۰/۲۲۳ ^{g-k}	۰/۲۰۰ ^{i-m}	۰/۷۰۶ ^{e-k}	۰/۶۴۷ ^{h-n}	کارون
۰/۲۳۷ ^{e-j}	۰/۲۱۸ ^{g-k}	۰/۷۲۴ ^{d-i}	۰/۶۱۲ ^{k-o}	گاسپارود
۰/۲۰۸ ^{h-k}	۰/۱۸۷ ^{j-n}	۰/۷۳۶ ^{d-h}	۰/۷۰۰ ^{e-k}	امید
۰/۳۱۱ ^{a-c}	۰/۲۴۵ ^{d-i}	۰/۷۳۲ ^{d-h}	۰/۶۶۱ ^{g-m}	مرودشت

برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست.

بیشترین و کمترین افزایش در وزن خشک اندام هوایی برابر ۵۴/۴ و ۴/۳ درصد به ترتیب به ارقام چمران و سیستان و بیشترین و کمترین افزایش در وزن خشک ریشه برابر ۲۶/۹ و ۱/۷ درصد به ترتیب به ارقام مرودشت و الموت تعلق داشت.

برهمکنش دی‌اکسید کربن و رقم بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه در شرایط غلظت معمول دی‌اکسید کربن به ترتیب به ارقام چمران (۰/۳۱۷) و سرخ‌تخم (۰/۰۷۱) ولی در شرایط غنی شده با دی‌اکسید کربن به ارقام چمران (۰/۳۲۹) و سرخ‌تخم (۰/۰۸۳) گرم در بوته) تعلق داشت (جدول ۹). در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن وزن خشک ریشه کلیه ارقام افزایش یافت. بیشترین و کمترین افزایش برابر ۲۶/۹ و ۱/۷ درصد، به ترتیب به ارقام مرودشت و الموت تعلق داشت.

تأثیر برهمکنش دی‌اکسید کربن و رقم بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد و از نظر وزن خشک ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی در شرایط غلظت معمول دی‌اکسید کربن به ترتیب به ارقام سپاهان (۰/۷۸۴) و شیراز (۰/۵۵۱) ولی در شرایط غنی شده با دی‌اکسید کربن به ارقام چمران (۰/۹۷۱) و شیراز (۰/۶۱۲) گرم در بوته) تعلق داشت (جدول ۹). بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه در شرایط غلظت معمول دی‌اکسید کربن به ترتیب به ارقام چمران (۰/۳۱۷) و سرخ‌تخم (۰/۰۷۱) ولی در شرایط غنی شده با دی‌اکسید کربن به ارقام چمران (۰/۳۲۹) و سرخ‌تخم (۰/۰۸۳) گرم در بوته) تعلق داشت. در اثر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن وزن خشک اندام هوایی و ریشه در کلیه ارقام افزایش یافت.

نتیجه گیری

مروودشت، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد و در ارقام چمران، کرج و تجن بیش از ۲۰ درصد بود. میزان کاهش تولید ماده خشک ناشی از شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کلرید سدیم در ارقام مروودشت، امید، گاسپارود، شهریار، خشکی ۱۱، تجن، کویر، قدس، چمران، نوید، سیستان، سپاهان کمتر از ۳۰ درصد؛ در ارقام شعله، سرخ‌تخم، پیشتاز، بهار، شیراز، الموت و کارون بین ۳۰ تا ۴۰ درصد و در رقم کرج بیش از ۴۰ درصد بود. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، از بین ارقام مطالعه شده، در شرایط غیر شور، رقم کرج و در شرایط شور، رقم چمران، بالاترین پاسخ مثبت را به افزایش غلظت دی‌اکسید کربن محیط نشان دادند.

غنی‌شده‌سازی غلظت دی‌اکسید کربن محیط، تأثیر مثبتی بر تولید ماده خشک ارقام گندم داشت و اندام هوایی در مقایسه با ریشه به نسبت بیشتری تحت تأثیر قرار گرفت. تأثیر مثبت افزایش غلظت دی‌اکسید کربن بر وزن خشک گیاه در شرایط شور بیشتر بود. افزایش تولید ماده خشک در شرایط غنی شده غلظت دی‌اکسید کربن، به‌واسطه بهبود تعادل یونی و صفات مرتبط با رشد گیاه بود. میزان افزایش ماده خشک در ارقام سپاهان، سیستان، سرخ‌تخم، شیراز، کویر، الموت، خشکی ۱۱، شهریار، کارون و امید کمتر از ۱۰ درصد؛ در ارقام نوید، شعله، پیشتاز، بهار، قدس، گاسپارود و

منابع مورد استفاده

1. Ackerly, D. D., J. S. Coleman, S. R. Morse and F. A. Bazzaz. 1992. CO₂ and temperature effects on leaf-area production in two annual plant species. *Ecology* 73: 1260-1269.
2. Akbari Ghogdi, E., A. Izadi-Darbandi, A. Borzouei and A. Majdabadi. 2011. Evaluation of morphological changes in some wheat genotypes under salt stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 1: 71-83.
3. Amirjani, M. R. 2011. Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. *International Journal of Botany* 7: 73-81.
4. Arzani, A. and M. Salehi. 2012. Antioxidant activity and oxidative stress due to salinity in triticale and wheat lines in field condition. *Journal of Plant Process and Function* 1: 39-50.
5. Bourgault, M., M. F. Dreccer, A. T. James and S. C. Chapman. 2013. Genotypic variability in the response to elevated CO₂ of wheat lines differing in adaptive traits. *Functional Plant Biology* 40: 172-184.
6. Bybordi, A., S. J. Tabatabaei and A. Ahmadi. 2010. Effect of salinity on the growth and peroxidase and IAA oxidase activities in canola. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8: 109-112.
7. Carden, D. E., D. J. Wakker, T. J. Flowers and A. J. Miller. 2003. Single cell measurement of the contribution of cytosolic Na⁺ and K⁺ to salt tolerance. *Plant Physiology* 131: 676-685.
8. Cheng, W., H. Sakai, K. Yagi and T. Hasegawa. 2009. Interactions of elevated [CO₂] and night temperature on rice growth and yield. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 51-58.
9. Cotrufo, M. F., P. Ineson and A. Scott. 1998. Elevated CO₂ reduces the nitrogen concentration of plant tissues. *Global Change Biology* 4: 43-54.
10. Cousins, A. B., N. R. Adam, G. W. Wall, B. A. Kimball, P. J. Pinter Jr, M. J. Ottman, S. W. Leavitt and A. N. Webber. 2003. Development of C4 photosynthesis in sorghum leaves grown under free-air CO₂ enrichment (FACE). *Journal of Experimental Botany* 54: 1969-1975.
11. El -Hendawy, S. E. 2004. *Salinity tolerance in Egyptian spring wheat genotypes*. PhD. Thesis. Department für pflanzenwissenschaften technische universität münchen.
12. Esfandiari, E., E. Javadi and M. Shokrpour. 2013. Evaluation of some of biochemical and physiological traits in wheat cultivars in response to salinity stress at seedling stage. *Journal of Crops Improvement* 15: 27-38.
13. Farhoudi, R. 2014. Investigation the salinity tension effect on growth and physiological characteristics of nine wheat cultivars at vegetative growth stage. *Crop Physiology Journal* 5: 71-86. (In Farsi).
14. Flexas, J., J. Bota, F. Loreto, G. Cornic and T. D. Sharkey. 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology* 6: 269-279.
15. Georgios, A. and P. Christodoulides. 2009. Global warming and carbon dioxide through sciences. *Environment International* 35: 390-401.
16. Goufo, P., J. Pereira, J. Moutinho-Pereira, C. M. Correia, N. Figueiredo, C. Carranca, E. A. S. Rosa and H. Trindade. 2013. Rice (*Oryza sativa* L.) phenolic compounds under elevated carbon dioxide (CO₂) concentration. *Environmental and Experimental Botany* 99: 28-37.
17. Gurmani, A. R., S. U. Khan, F. Mabood, Z. Ahmed, S. J. Butt, J. Din, A. Mujeeb-Kazi and D. Smith. 2014.

- Screening and selection of synthetic hexaploid wheat germplasm for salinity tolerance based on physiological and biochemical characters. *International Journal of Agriculture and Biology* 16: 681-690.
18. Hogy, P., H. Wieser, P. Kohler, K. Schwadorf, J. Breuer, J. Franzaring, R. Muntifering and A. Fangmeier. 2009. Effects of elevated CO₂ on grain yield and quality of wheat: results from a 3-year free-air CO₂ enrichment experiment. *Plant Biology* 60-69.
 19. Kafi, M., M. Salehi and H. R. Eshghizadeh. 2010. Biosaline Agriculture: Plant, Water and Soil Management Approaches. Ferdowsi University of Mashhad, Iran, (In Farsi).
 20. Kazemi, S. 2014. The response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to increased sodium chloride concentration in nutrient solution under ambient and enriched air CO₂. MSc. Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
 21. Lawlor, D. W. and R. A. C. Mitchell. 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: wheat. pp: 57-80. In: K. R. Reddy and H. F. Hodges (Eds.) Climate Change and Global Crop Productivity. CABI Publishing, Wallingford.
 22. Lichtenthaler, H. K. and W. R. Welburn. 1994. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 11: 591-592.
 23. Mirmohammady Maibody, S. A. M and B. Ghareyazie. 2003. Physiological Aspects and Breeding for Salinity Stress in Plants. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran, (In Farsi).
 24. Nicolas, M. E., R. Munns, A. B. Samarakoon and R. M. Gifford. 1993. Elevated CO₂ improves the growth of wheat under salinity. *Functional Plant Biology* 20: 349-360.
 25. North, G. R., K. Y. Kim, S. P. Shen and J. W. Hardin. 1995. Detection of forced climate signals. Part 1: Filter theory. *Journal of Climate* 6: 401-408.
 26. O'Leary, G., B. Christy, J. Nuttall and N. Huth. 2015. Response of wheat growth, grain yield and water use to elevated CO₂ under a Free-Air CO₂ Enrichment (FACE) experiment and modelling in a semi-arid environment. *Global Change Biology* 21: 2670-2686.
 27. Omidi Nargesi, S. 2014. Effects of nano-iron chelate on the response of wheat genotypes to salt stress. MSc. Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
 28. Perez-Lopez, U., A. Robredo, M. Lacuesta and C. Sgherri. 2009. The oxidative stress caused by salinity in two barley cultivars is mitigated by elevated CO₂. *Physiologia Plantarum* 135: 29-42.
 29. Poustini, K. and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research* 55: 125-133.
 30. Qaderi, M. M., L. V. Kurepin and D. M. Reid. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and drought. *Physiologia Plantarum* 128: 710-721.
 31. Rios- Gonzalez, K., L. Erdei and S. H. Lips. 2002. The activity of antioxidant enzymes in maize and sunflower seedlings as affected by salinity and different nitrogen sources. *Plant Science* 162: 923-930.
 32. Rogers, H. H., G. B. Runion, S. A. Prior, A. J. Price and H. A. Torbert. 2008. Effects of elevated atmospheric CO₂ on invasive plants: comparison of purple and yellow nutsedge (*Cyperus rotundus* L. and *C. esculentus* L.). *Journal of Environmental Quality* 37: 395-400.
 33. Shoor, M., M. Goldani and F. Mondani. 2010. Effect of CO₂ enrichment on morphophysiological traits in Tagets spp, Ageratum spp and Gauliardia spp in greenhouse condition. *Journal of Agroecology* 1: 101-108 .
 34. Tabatabaei, S. and P. Ehsanzadeh. 2015. Photosynthetic pigments, ionic and antioxidative behaviour of hulled tetraploid wheat in response to NaCl. *Photosynthetica* 54: 1-19.
 35. Zehtab, S. 2015. Response of barley (*Hordeum Vulgare* L.) genotypes to salt stress under elevated CO₂ concentration and temperature. MSc. Thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran.
 36. Zhao, G. Q., B. L. Ma and C. Z. Ren. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of Nakota oat in response to salinity. *Crop Science* 47: 123-131.
 37. Ziska, L. H., J. R. Teasdale and J. A. Bunce. 1999. Future atmospheric carbon dioxide may increase tolerance to glyphosate. *Weed Science* 47: 608-615.

The Response of Wheat Cultivars to the Elevated Concentration of Air Carbon Dioxide and Salinity

M. Saleh¹, M. Zahedi^{2*} and H. Eshgizadeh³

(Received: May 22-2017; Accepted: January 27-2018)

Abstract

This experiment was conducted in a greenhouse at Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran in 2014 to evaluate 20 wheat cultivars (Navid, Pishtaz, Karaj, Kavir, Tajan, Karun, sholeh, Bahar, Khoshki 11, Gasparood, Sepahan, Sorkh tokhm, Chamran, Ghods, Shariar, Omid, Sistan, Alamut, Marvdasht and Shiraz) under two carbon dioxide concentrations (the ambient 360 and the enriched 700 μM) and two salinity levels (0 and 150 mM NaCl). Treatments were arranged as a factorial in a completely random design with three replications. The results showed that salinity decreased potassium concentration in shoots (27%) and roots (39%), chlorophyll a and b concentrations (27 and 30%, respectively), carotenoids concentration (21%), plant height (39%), leaf area (32%), root volume (40%), shoot and root dry weight (30% and 23%, respectively); however, it increased sodium concentration in the shoots and roots (36%). The extent of salt-induced decreases in the shoot dry weight of the evaluated cultivars ranged from 8 to 46%. Karaj and Marvdasht cultivars were the most and the least sensitive cultivars to salinity under both ambient and enriched carbon dioxide concentrations, respectively. The elevated carbon dioxide concentration increased potassium concentration in the shoots (except Sholeh, Ghods and Gasparood) and roots, chlorophyll and carotenoids concentrations, plant height, leaf area (except Shahriar), root volume, shoot (except Sistan and Omid), and root dry weight; however, it decreased sodium concentration in the shoots and roots. The highest and the lowest increases in the shoot dry weight under non saline condition were obtained for Karaj and Alamut (23 and 6%, respectively); under saline conditions, they were found in Chamran and Kavir (66 and 3%, respectively). The results obtained from this experiment showed that the elevated carbon dioxide concentration positively influenced the growth of most cultivars. This effect was more pronounced under saline conditions, indicating that carbon dioxide enrichment could alleviate, at least in part, the negative effects of salinity.

Keywords: Climate change, Wheat cultivars, Salinity, Air carbon dioxide concentration

1, 2, 3. MSc. Graduate, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: mzahedi@cc.iut.ac.ir