ارزیابی واکنش مراحل فنولوژیک و شاخص کلروفیل ارقام گندم در سطوح مختلف شوری و ارتباط آنها با عملکرد

بیژن سعادتیان[۱*]، فاطمه سلیمانی[۲] و گودرز احمدوند[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۳/۱۹)

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی نقش فنولوژی در واکنش ارقام گندم به تنش شوری انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم گندم (الوند، توس، نوید و سایسون) و پنج سطح شوری آب (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر) بود. نتایج نشان داد که تنش شوری، به‌جز مرحله سبز شدن، بر سایر مراحل فنولوژیک ارقام گندم اثر کاهشی داشت. صفات شاخص کلروفیل، ارتفاع بوته، وزن خشک سنبله، درصد ساقه بارور، طول سنبله، عملکرد دانه و بیولوژیک گندم در تنش شوری کاهش یافت. ارقام گندم در هر یک از صفات مورد بررسی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین تأثیر شوری بر فنولوژی و دیگر صفات مورد بررسی در رقم سایسون به‌دست آمد. با افزایش سطح شوری، دو رقم توس و نوید در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده تغییرات کمتری در مقایسه با دو رقم دیگر نشان دادند. به‌طورکلی، رقم توس به‌دلیل نیاز به درجه- روز- رشد تجمعی کمتر برای تکمیل مراحل فنولوژیک و ثبات بیشتر در عملکرد، سازگارترین رقم به شوری بود.

واژه‌های کلیدی: درجه- روز- رشد، تنش شوری، مراحل فنولوژیک

مقدمه

ایران جزو کشورهای خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود. کمی بارندگی و تبخیر زیاد یکی از دلایل تجمع املاح در لایه‌های سطحی خاک و شوری است. هم‌چنین، مدیریت نامناسب، عدم زه‌کشی و فشردگی زمین‌های کشاورزی، به همراه کاربرد آبهای نامتعارف به‌دلیل کاهش آب‌های شیرین، از دیگر عوامل شوری و گسترش آن در کشور به‌شمار می‌آیند (۸). عمده مشکل شوری برای گیاهان عالی، حضور مقادیر بیش از حد کلرید سدیم است که به‌طور گسترده در زمین‌های فاریاب مشاهده می‌شود. شوری ناشی از نمک کلرید سدیم موجب منفی‌تر شدن فشار اسمزی محلول آب خاک شده و ریشه گیاه را در جذب آب و عناصر غذایی محلول، دچار مشکل می‌نماید (۳، ۹ و ۱۸). هم‌چنین، جذب و انتقال یون‌های غذایی از جمله پتاسیم و کلسیم در غلظت زیاد سدیم خاک مختل می‌گردد و حتی سطوح بالای سدیم و کلر اثر سمیت مستقیم روی غشاها و سیستم‌های آنزیمی می‌گذارد (۲ و ۸).

گندم یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که در سطح وسیعی از ایران و جهان کشت می‌گردد. این گیاه به‌طور

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: bijan.saadatian@stu-mail.um.ac.ir

کلی دارای آستانه خسارت شوری ۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر در عصاره اشباع خاک است و گیاهی نیمه متحمل به شوری محسوب می‌شود (۸). یکی از مسائل پیش روی کشت گندم، مشکل شوری آب آبیاری است (۹، ۱۰، ۱۷ و ۲۲). از جمله راهکارهای کاهش اثر تنش شوری، شناسایی ارقام متحمل به شوری است (۱۲، ۲۰ و ۲۱). در همین راستا، بررسی‌های متعددی در ارقام و ژنوتیپ‌ها انجام شده است که هریک از جنبه‌های مختلفی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پراکسیداسیون برگ پرچمی (۲)، مقدار رنگ دانه‌ها و فعالیت کلروپلاست (۲، ۱۲، ۱۳ و ۱۹)، تجمع عناصر در برگ (۱۰)، عملکرد و اجزای عملکرد (۱، ۷ و ۹) و مورفولوژی (۶ و ۲۲) به تفکیک ارقام از نظر تحمل به شوری پرداخته‌اند. در این رابطه، هادی و همکاران (۱۰) با مطالعه گلخانه‌ای هفت ژنوتیپ گندم دوروم خاورمیانه در شرایط تنش شوری، دریافتند که ژنوتیپ‌هایی که دارای تجمع کم سدیم و کلر و تجمع زیاد پتاسیم و کلسیم در اندام‌های هوایی بودند، تولید ماده خشک بیشتری داشته و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. محمدی و همکاران (۹) گزارش کردند که صفات زمان رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبلچه، ماده خشک تک بوته، عملکرد دانه و وزن هزار دانه بین ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری با یکدیگر اختلاف داشت و براین اساس ارقام از نظر تحمل به شوری طبقه‌بندی شدند. هم‌چنین، بررسی گلخانه‌ای راهنما و همکاران (۲) حاکی از کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و محتوای کلروفیل برگ ارقام گندم همراه با افزایش تنش شوری بود. هم‌چنین، بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کمترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید در ارقام یاد شده حاصل گردید. آنان بیان داشتند که فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر نشان‌دهنده ظرفیت بیشتر ارقام برای حذف گونه‌های فعال اکسیژن و ثبات عملکرد بیشتر است.

برای اندازه‌گیری خسارت ناشی از شوری بر گیاهان، بسیاری از شاخص‌های اشاره شده هزینه‌بر و وقت‌گیر بوده و نیاز به اندازه‌گیری عملکرد دارد. در این بین، پایداری کلروفیل برگ به‌عنوان شاخصی از مقاومت گیاه به تنش (۱۹) آسان، کم‌هزینه و غیر تخریبی می‌باشد و قابلیت تکرار آن در طول آزمایش نیز وجود دارد (۵).

واکنش خصوصیات فنولوژیک گیاه به شرایط محیطی بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک تأثیرگذار خواهد بود (۶ و ۱۵). از این رو، بررسی تأثیر تنش‌های محیطی بر مراحل فنولوژیک گیاه می‌تواند پاسخ مناسبی به بسیاری از تغییرات به‌وجود آمده در گیاه دهد (۴ و ۱۱). یافته‌ها نشان داده که شوری سبب تغییر الگوی رشد و نمو در گیاهان شده و تداوم آن تغییر فنولوژیک گیاه را در پی دارد. به‌عنوان مثال، در گیاه گوجه‌فرنگی، شوری طول دوره کاشت تا سبز شدن گیاه را افزایش داده است (۱۴). هم‌چنین، در آزمایشی دیگر، شوری ۱۴۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم سبب تسریع در نمو گندم به‌مدت ۱۸ روز گردید (۱۷). واکنش ارقام یک گونه در دوره‌های مختلف رشد به شوری متفاوت است. به گونه‌ای که در هر یک از مراحل فنولوژیک و رشد گیاه، طبقه‌بندی ارقام از نظر مقاومت به شوری متفاوت خواهد بود (۴ و ۶). به‌عنوان مثال، سوریا- آرونروج و همکاران (۲۱) با مطالعه واکنش ۹ رقم برنج به تنش شوری در مرحله جوانه‌زنی در سطح ۶ دسی‌زیمنس برمتر و رشد رویشی در سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر، مشاهده کردند که یک رقم در مرحله جوانه‌زنی و ۸ رقم در مرحله رویشی به شوری حساسیت نشان دادند.

کاهش کیفیت و توسعه روز افزون شوری آب آبیاری به‌عنوان یک عامل محدودکننده تولید گندم در ایران به شمار می‌رود. از سویی دیگر، آزمایش در شرایط زراعی به دلایل تلاقی عوامل مختلف محیطی تفسیر مطلوب اثر شوری، به‌ویژه بر فنولوژی گیاه، را با چالش روبرو می‌سازد. از این رو، یکی از راهکارها بررسی در شرایط کنترل شده خواهد بود. لذا، در این آزمایش، به‌منظور تعیین اثرهای شوری بر فنولوژی، شاخص کلروفیل‌متر و عملکرد گندم، چهار رقم رایج آن در استان همدان انتخاب و با کشت در محیط گلخانه، صفات مورد نظر

اندازه‌گیری شد تا براساس آن تفاوت واکنش ارقام به شوری تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم گندم الوند (نسبتاً دیررس، تیپ رشدی بینابین، نسبتاً متحمل به شوری)، توس (متوسطرس، تیپ رشدی بینابین، نسبتاً متحمل به شوری)، نوید (متوسطرس، تیپ رشدی بینابین، نسبتاً متحمل به شوری) و سایسون (دیررس، تیپ رشدی بهاره، نسبتاً حساس به شوری) و شوری آب آبیاری حاصل از نمک کلرید سدیم در پنج سطح (صفر، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، معادل با صفر، ۴۴، ۸۸، ۱۳۱ و ۱۷۵ میلی‌مولار در لیتر) بود. از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر استفاده شد. تعداد ۳۰ عدد بذر ضدعفونی شده گندم در عمق ۲ سانتی‌متری خاک هر گلدان به‌صورت یکنواخت کشت شد. با توجه به این‌که در آزمایش شوری در شرایط گلخانه‌ای، جهت انجام آب‌شویی و جلوگیری از تجمع نمک در محیط ریشه نیاز به خاک سبک است، از خاک زراعی با بافت لوم (شوری ۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر) و ماسه نرم به نسبت ۲ و ۱ استفاده شد. وزن تقریبی خاک هر گلدان ۴/۹ گیلوگرم بود. تهیه سطوح شوری آب آبیاری، با استفاده از نمک کلرید سدیم ۹۹٪ و توسط دستگاه سنجش هدایت الکتریکی دستی انجام شد. تیمارهای شوری مورد نظر در مراحل سبز شدن (Emergence, Em)، ساقه‌دهی (Stem elongation, Se)، سنبله‌دهی (Heading, Hd)، گرده‌افشانی (Anthesis, At) و پرشدن دانه (Seed filling, Sf) گندم اعمال شد. آبیاری گلدان‌ها در سایر مراحل رشد با آب معمولی (۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر) انجام گرفت. پس از هر مرحله اعمال شوری، آبیاری بعدی با آب معمولی به مقدار زیاد انجام شد. به نحوی که از زیر گلدان‌ها آب اضافی خارج گردد. این عمل برای آب‌شویی محیط ریشه و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها صورت گرفت.

پس از تثبیت سبز شدن گندم، تعداد ۱۰ عدد بوته با حفظ فواصل یکنواخت در سطح گلدان، باقی ماندند. برای تأمین نیاز غذایی گندم، اوره در مراحل کاشت و پس از رفع نیاز سرما و سوپر فسفات تریپل در زمان کاشت به‌میزان یک گرم به ازای هر گلدان، همراه با آبیاری استفاده شد (منظور از کاشت، کاشت مؤثر است که از زمان اولین آبیاری محاسبه می‌گردد).

جهت تعیین دمای تجمعی مورد نیاز برای طی شدن مراحل فنولوژیک گندم، از درجه- روز- رشد تجمعی (معادله ۱) استفاده شد (۱۶):

$$GDD = \sum \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_{base} \qquad [1]$$

که GDD درجه- روز- رشد تجمعی، T_{max} دمای بیشینه محیط، T_{min} دمای کمینه محیط و T_{base} دمای پایه رشد گندم (صفر درجه سلسیوس) است. در این آزمایش، تا یک ماه پس از کاشت، دمای بیشینه و کمینه محیط بین ۲۲ و ۱۸ درجه سلسیوس تنظیم گردید. سپس به‌مدت یک هفته دمای گلخانه توسط سیستم گرمایشی به‌طور تدریجی کاهش یافت و میانگین ثبت شده برای هفت روز به‌ترتیب ۱۶، ۱۴، ۱۲، ۱۱، ۱۱، ۱۱ و ۱۱ درجه سلسیوس بود. سپس سیستم گرمایش خاموش و پنجره‌های گلخانه باز گردید تا بوته‌های گندم ورنالیزه شوند. در این مدت دمای بیشینه و کمینه ثبت گردید. پس از آن، تا انتهای فصل رشد شرایط دمایی بین ۲۴ و ۱۸ درجه سلسیوس تنظیم شد.

مراحل مختلف فنولوژی شامل سبز شدن (۱۰ زادوکس)، ساقه‌دهی (۳۱-۳۰ زادوکس)، سنبله‌دهی (۴۹-۴۷ زادوکس)، گل‌دهی (۵۵-۵۴ زادوکس)، پرشدن دانه (۷۱-۷۲ زادوکس) و رسیدگی (۹۰ زادوکس) ارقام گندم در هر یک از تیمارهای شوری و زمان شروع و خاتمه آنها براساس روش زادوکس (۲۳) ثبت گردید. معیار تعیین مراحل فنولوژیک، ورود تمامی بوته‌ها در هر گلدان به مرحله مورد نظر بود. ارتفاع گندم نیز در هر یک از مراحل رشد زایشی اندازه‌گیری شد. در مرحله گرده افشانی، عدد کلروفیل‌متر سه برگ فوقانی هر بوته در گلدان قرائت و میانگین آنها تعیین گردید. در مرحله پرشدن دانه، میانگین عدد کلروفیل‌متر برگ پرچمی هر گلدان ثبت شد. در

جدول ۱. تجزیه واریانس داده‌های درجه- روز- رشد تجمعی مراحل مختلف فنولوژیک ارقام گندم تحت تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		Em	Em-Se	Se-Hd	Hd-At	At-Mat	Total
تکرار	۲	۳۲۶/۷^{ns}	۴۲/۵^{ns}	۵۱/۴^{ns}	۷۳۵^{ns}	۴۳۲۹**	۵۳۲۱**
رقم گندم (a)	۳	۱۴۱۱/۱**	۴۳۷۶۷**	۴۸۶۸۶**	۱۸۳۱**	۷۳۴**	۱۵۴۴۶۸**
شوری (b)	۴	۸۴۷۶/۷**	۱۴۶۹**	۳۳۱۸۷**	۴۷۴۲**	۱۱۲۷۱**	۵۴۴۹۳**
a×b	۱۲	۳۳۸/۹**	۱۳۸۳**	۲۴۳۱**	۴۲۳*	۱۲۷۵**	۲۰۵۳**
خطا	۳۸	۱۳۷/۲	۲۸۵/۹	۱۹۸/۴	۲۲۴/۳	۲۹۰/۵	۱۸۴/۱
CV (٪)	–	۸/۶	۲/۰	۴/۱	۹/۸	۱/۵	۲

**، *و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار. (Em: تکمیل سبز شدن، Em-Se: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل سبز شدن تا طویل شدن ساقه، Se-Hd: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل طویل شدن ساقه تا سنبله‌دهی، Hd-At: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل سنبله‌دهی تا گرده‌افشانی، At-Mat: درجه- روز- رشد تجمعی لازم بین مراحل گرده افشانی تا رسیدگی و Total: درجه- روز- رشد تجمعی کل دوره رشد است).

پایان آزمایش، بوته‌های رسیده گندم کف‌بر شده و صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های بارور و نابارور، طول سنبله، وزن خشک سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و وزن بیولوژیک ارقام گندم اندازه‌گیری شد. داده‌های درصدی قبل از تجزیه آماری، تبدیل زاویه‌ای شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین صفات با آزمون LSD حفاظت شده در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش روابط همبستگی بررسی و صفات دارای همبستگی بالای ۰/۵ ارائه گردید. رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی رقم و شوری بر درجه- روز- رشد تجمعی لازم برای طی شدن مراحل فنولوژیک گندم در سطح احتمال ۱٪ از نظر آماری معنی‌دار بود. هم‌چنین، اثر متقابل رقم در شوری نیز در مراحل مختلف فنولوژی گندم تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱).

با افزایش شوری، درجه- روز- رشد تجمعی لازم برای تثبیت سبز شدن در هر چهار رقم گندم به‌طور معنی‌داری بیشتر شد (جدول ۲). قربانی و همکاران (۷) نیز با اعمال شوری قبل از جوانه‌زنی دریافتند که تنش باعث افزایش معنی‌دار روز از کاشت تا سبز شدن دو رقم گندم مورد مطالعه گردید. این یافته‌ها نشان می‌دهد که شوری مدت زمان جوانه‌زنی و سبز شدن بذر ارقام گندم را افزایش داده است. به نحوی که تثبیت سبز شدن گندم در نتیجه تأثیر منفی شوری با تأخیر مواجه شده است که این امر، عدم استفاده کامل از شرایط نور و دما در ابتدای فصل را به‌دنبال داشته و می‌تواند بر سایر مراحل رشد گیاه تأثیرگذار باشد (۳).

در سطح شوری صفر، کمترین درجه- روز- رشد تجمعی لازم برای تکمیل سبز شدن متعلق به دو رقم الوند و توس بود و رقم سایسون به‌طور معنی‌داری بیشترین مدت زمان لازم برای سبز شدن را در بین ارقام به خود اختصاص داد (جدول ۲). در سطوح شوری ۴ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر، رقم الوند نسبت به سه رقم دیگر به‌طور معنی‌داری درجه- روز- رشد تجمعی کمتری برای تکمیل سبز شدن نیاز داشت (جدول ۲). در تیمار ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، رقم سایسون بیشترین درجه- روز- رشد تجمعی سبز شدن را دارا بود (جدول ۲). در بالاترین سطح تنش، درجه- روز- رشد تجمعی لازم برای تکمیل سبز

جدول ۲. مقایسه میانگین مراحل فنولوژی ارقام گندم در سطوح مختلف تنش شوری

رقم	شوری (dS/m)	درجه- روز- رشد تجمعی (GDD)					
		Em	Em-Se	Se-Hd	Hd-At	At-Mat	Total
الوند	۰	۸۶	۸۳۰	۳۷۱	۱۶۱	۱۱۴۸	۲۵۹۷
	۴	۱۰۶	۸۴۵	۳۳۶	۱۴۷	۱۱۴۸	۲۵۸۳
	۸	۱۱۳	۸۴۵	۳۲۲	۱۴۰	۱۱۴۱	۲۵۶۲
	۱۲	۱۵۳	۸۵۴	۲۰۳	۱۳۳	۱۱۳۴	۲۴۷۸
	۱۶	۱۵۳	۸۸۹	۱۸۹	۱۱۲	۱۱۳۴	۲۴۷۸
سایسون	۰	۱۱۳	۹۱۳	۴۸۵	۱۸۲	۱۱۸۳	۲۸۷۷
	۴	۱۳۳	۹۰۷	۴۶۴	۱۸۲	۱۱۶۲	۲۸۴۹
	۸	۱۳۳	۹۴۲	۴۳۶	۱۳۳	۱۱۱۳	۲۷۵۸
	۱۲	۱۶۶	۹۳۷	۳۵۹	۱۲۶	۱۱۰۶	۲۶۹۵
	۱۶	۱۸۰	۹۱۷	۳۵۲	۱۱۲	۱۰۷۱	۲۶۳۲
نوید	۰	۹۳	۸۳۰	۳۵۷	۱۹۶	۱۱۶۹	۲۶۴۶
	۴	۱۴۶	۷۷۰	۳۸۵	۱۶۱	۱۱۷۶	۲۶۳۹
	۸	۱۴۶	۸۰۵	۳۷۱	۱۶۱	۱۱۲۷	۲۶۱۱
	۱۲	۱۴۶	۸۴۰	۲۷۷	۱۵۰	۱۱۴۸	۲۵۵۵
	۱۶	۱۶۶	۸۳۴	۲۸۴	۱۴۳	۱۰۸۵	۲۵۲۰
توس	۰	۸۶	۸۳۰	۳۳۶	۱۸۲	۱۱۶۹	۲۶۰۴
	۴	۱۳۳	۸۰۴	۳۴۳	۱۶۱	۱۱۶۹	۲۶۱۱
	۸	۱۴۶	۷۹۱	۳۲۹	۱۵۴	۱۱۶۲	۲۵۸۳
	۱۲	۱۵۳	۷۸۴	۳۰۸	۱۵۴	۱۱۲۰	۲۵۲۰
	۱۶	۱۵۳	۸۰۵	۲۹۴	۱۴۷	۱۰۷۸	۲۴۷۸
LSD- 5%		۱۹/۴	۲۷/۹	۲۳/۳	۲۴/۷	۲۸/۲	۲۲/۴

Em: تکمیل سبز شدن، Em-Se: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل سبز شدن تا اوایل طویل شدن ساقه، Se-Hd: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل طویل شدن ساقه تا سنبله‌دهی، Hd-At: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل سنبله‌دهی تا گرده افشانی، At-Mat: درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل گرده افشانی تا رسیدگی و Total: درجه- روز- رشد تجمعی کل دوره رشد است.

شدن در دو رقم الوند و توس کمترین مقدار بود و با رقم سایسون از این نظر تفاوت آماری نشان داد (جدول ۲).

در آزمایشی که روی ۴۳ اکوتیپ کنجد صورت گرفت، بین اکوتیپ‌ها از نظر تعداد روز و درجه- روز- رشد تجمعی از کاشت تا سبز شدن در شرایط تنش شوری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌طوری‌که دوره کاشت تا سبز شدن در بین اکوتیپ‌ها ۱۱ روز و براساس درجه- روز- رشد تجمعی، ۱۸۵ درجه- روز- رشد تفاوت وجود داشت (۶). هم‌چنین، مطالعه سینگ و همکاران (۲۰) نشان داد که تعداد روز برای سبز شدن در شوری ۴ دسی‌زیمنس برمتر در ژنوتیپ‌های بادام زمینی بین ۳ تا ۱۰ روز متفاوت بود. قربانی و همکاران (۷) نیز دریافتند که دو رقم گندم مورد مطالعه در شرایط شور از نظر زمان لازم

برای سبز شدن ۵ روز با هم اختلاف داشتند. شوری، با کاهش فشار اسمزی محلول آب، سبب کاهش سرعت جذب آب در بذر شده و مدت زمان ظهور گیاهچه را افزایش می‌دهد، که این اثر همراه با ورود نمک به بافت‌های داخلی بذر و عدم تعادل در بافت‌های در حال رشد گیاهچه، تأخیر در جوانه‌زنی و رشد را تشدید می‌نماید (۳). به نظر می‌رسد که علت تفاوت ارقام گندم در آزمایش حاضر، تفاوت در توانایی آنها در تحمل به شوری بوده که به‌صورت ژنتیکی کنترل می‌گردد.

درجه- روز- رشد تجمعی بین مراحل سبز شدن تا طویل شدن ساقه در رقم الوند با افزایش شوری بیشتر شد. به‌طوری‌که در بالاترین سطح شوری از این نظر تفاوت آماری با سایر تیمارهای تنش وجود داشت (جدول ۲). رقم سایسون در سطوح مختلف تنش واکنش متفاوتی به شوری نشان داد. در سطح ۸ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین درجه- روز- رشد تجمعی سبز شدن تا طویل شدن ساقه در رقم مزبور به‌دست آمد. اما با افزایش شوری تا بالاترین سطح، مقدار آن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). در رقم نوید، شوری تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری را در درجه- روز- رشد تجمعی بین سبز شدن تا طویل شدن ساقه موجب شد. اما با افزایش سطح تنش، مقدار آن افزایش یافت. به‌طوری‌که در سطوح بالاتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر، تفاوتی با تیمار شاهد (سطح صفر) از این نظر وجود نداشت (جدول ۲). به‌طورکلی، درجه- روز- رشد تجمعی بین سبز شدن تا طویل شدن ساقه رقم توس با افزایش شوری کاهش نشان داد و در سطوح ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس برمتر اختلاف با تیمار شاهد معنی‌دار بود (جدول ۲). در تمامی تیمارهای شوری، درجه- روز- رشد تجمعی بین سبز شدن تا طویل شدن ساقه در رقم سایسون نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری بیشتر بود و به غیر از سطح صفر، در سایر سطوح شوری آب آبیاری، از این نظر اختلاف آماری بین سه رقم گندم الوند، توس و نوید وجود داشت (جدول ۲).

در تمامی ارقام گندم مورد مطالعه، افزایش شوری سبب کاهش معنی‌دار درجه- روز- رشد تجمعی بین طویل شدن ساقه و سنبله‌دهی شد. بیشترین تأثیر شوری بر رقم الوند به‌دست آمد و از این نظر در بالاترین سطح تنش نسبت به سایر ارقام تفاوت آماری نشان داد (جدول ۲). در تمامی سطوح شوری، درجه- روز- رشد تجمعی بین طویل شدن ساقه و سنبله‌دهی رقم سایسون نسبت به دیگر ارقام به طور معنی‌داری بیشتر بود.

در ارقام گندم مورد مطالعه، درجه- روز- رشد تجمعی لازم برای طی شدن مرحله سنبله‌دهی تا گرده افشانی بر اثر شوری کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). هر چند در سطح صفر، رقم الوند از این نظر در مقایسه با سایر ارقام درجه- روز- رشد کمتری نیاز داشت، اما با افزایش سطح شوری، درجه- روز- رشد لازم برای طی شدن مرحله سنبله‌دهی تا گرده‌افشانی در رقم سایسون نسبت به دیگر ارقام کاهش بیشتری یافت (جدول ۲). با افزایش شوری آب آبیاری، اختلاف معنی‌داری در درجه- روز- رشد تجمعی لازم بین گرده‌افشانی تا رسیدگی رقم الوند مشاهده نشد. اما دیگر ارقام کاهش معنی‌داری از این نظر نشان دادند. به‌طوری‌که در بالاترین سطح شوری، رقم الوند از این نظر بر سایر ارقام برتری آماری داشت (جدول ۲).

هرچند شوری آب آبیاری تأثیر منفی بر درجه- روز- رشد تجمعی برای تکمیل کل دوره رشد ارقام گندم داشت، اما رقم سایسون از این نظر در هر یک از سطوح شوری نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری برتری داشت (جدول ۲). رقم توس در مقایسه با سایر ارقام گندم در هر یک از سطوح شوری درجه- روز- رشد تجمعی کمتری برای تکمیل رشد نیاز داشت و درجه- روز- رشد تجمعی رقم سایسون برای تکمیل رشد با افزایش شوری نسبت به سایر ارقام، افت بیشتری نشان داد (جدول ۲).

گیونتا و همکاران (۱۶) در بررسی‌های خود بیان داشتند که بین ارقام مختلف آزاد شده گندم در ۱۰۰ سال اخیر از نظر تعداد روز تا رسیدن به مرحله تورم سنبله، گرده‌افشانی و رسیدگی تفاوت آماری وجود داشت. نتایج محمدی و همکاران (۹) حاکی از کاهش زمان رسیدگی گندم تحت تأثیر شوری بود.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات ارتفاع بوته و عدد کلروفیل‌متر در مراحل مختلف فنولوژیک ارقام گندم تحت تنش شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		ارتفاع گندم در مراحل مختلف رشد زایشی			عدد کلروفیل‌متر	
		Hd	At	Mat	At	Sf
تکرار	۲	۹/۲*	۶/۲ns	۱۲۲/۹*	۵/۷۲*	۸/۷۵**
رقم گندم (a)	۳	۲۶۰/۵**	۱۱۳۹**	۳۱۶۷**	۸/۲۲**	۷۱/۷۸**
شوری (b)	۴	۶۴/۸**	۶۶۲**	۱۶۴۱**	۳۴۳/۳۹**	۳۸۹/۱۴**
a×b	۱۲	۲/۲**	۵۵**	۸۷/۵**	۵/۴۶*	۷/۲۱**
خطا	۳۸	۲/۸	۱۲/۱	۳۰/۰	۱/۳۸	۱/۳۳
CV (٪)	–	۹/۷	۱۰/۶	۹/۷	۳/۳	۳/۱

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار (Hd: سنبله‌دهی، At: گرده‌افشانی، Sf: پرشدن دانه و Mat: رسیدگی)

به‌طوری‌که در تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار نمک نسبت به شاهد، این اختلاف به ۲۳ روز رسید و بین ژنوتیپ‌های گندم از این نظر تفاوتی ۳۱ روزه مشاهده گردید. هم‌چنین، آنان عنوان داشتند که تنش شوری در مقایسه با محیط مطلوب، دوره رشد گیاه را کوتاه کرده و چرخه زیستی آن را زودتر به پایان می‌رساند، که با نتایج این بررسی مطابقت داشت. در آزمایشی دیگر، از نظر طول دوره و درجه- روز- رشد تجمعی از کاشت تا ۵۰ درصد گل‌دهی در ژنوتیپ‌های کنجد بین ۸۳۴ تا ۱۰۲۷ درجه- روز- رشد تفاوت وجود داشت (۶).

یافته‌های زنگ و همکاران (۲۲) نیز نشان داد که اثر شوری بر کاهش دوره رشد زایشی و کل دوره رشد در رقم حساس گندم به شوری مشهودتر از رقم متحمل بود. از این رو، به نظر می‌رسد که رقم سایسون در پژوهش حاضر رقمی حساس‌تر به شوری بوده است. شهسواری و همکاران (۴) اظهار داشتند که کوتاه کردن طول دوره رشد در شرایط نامساعد یکی از راه‌های اجتناب از تنش بوده و برخی ژنوتیپ‌ها در این مسیر تکامل یافته‌اند. احتمالاً رقم توس نیز به‌دلیل دارا بودن دوره رشد کمتر در سطوح تنش، توانایی بالاتری برای تکمیل مراحل رشدی خود داشته است. به نظر می‌رسد که واکنش گیاه به کوتاه کردن دوره رشد، راهی برای جلوگیری از افزایش اثر منفی شوری بر رشد گیاه و مکانیزمی برای تولید دانه و تداوم نسل باشد (۸).

اثرهای اصلی رقم و شوری بر صفات ارتفاع گندم و عدد کلروفیل‌متر در مراحل مختلف رشد، از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل شوری و رقم نیز در صفات یاد شده تفاوت آماری نشان داد (جدول ۳). از این رو اثرهای متقابل صفات مقایسه آماری شدند.

ارتفاع ارقام گندم در مراحل سنبله‌دهی، گرده افشانی و رسیدگی تحت تأثیر شوری کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۴). اثر منفی شوری بر ارتفاع گیاهان زراعی مختلف توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۶ و ۹). در هر یک از مراحل رشد، ارتفاع رقم سایسون در سطوح شوری مختلف نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۴). افزایش شوری از صفر تا ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب سبب کاهش ۳۵، ۳۷، ۲۷ و ۲۱ درصدی ارتفاع بوته ارقام الوند، سایسون، نوید و توس در مرحله سنبله‌دهی شد. ارتفاع رقم الوند در مرحله سنبله‌دهی نسبت به دو رقم توس و نوید در هر یک از سطوح شوری به‌طور معنی‌داری کمتر بود. اما در مرحله گرده-افشانی، رقم الوند در سطوح صفر و ۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به دو رقم توس و نوید ارتفاع بالاتری داشت (جدول ۴). با افزایش شوری، ارتفاع نهایی بوته‌های رقم توس نسبت به سایر ارقام کاهش کمتری نشان داد. به‌طوری‌که در بالاترین سطح شوری نسبت به دیگر ارقام از این نظر تفاوت آماری

جدول ۴. مقایسه میانگین ارتفاع و عدد کلروفیل‌متر ارقام گندم در سطوح مختلف تنش شوری

رقم	شوری	ارتفاع گندم در مراحل مختلف رشد زایشی			عدد کلروفیل‌متر	
	(dS/m)	Hd	At	Mat	At (سه برگ فوقانی)	Sf (برگ پرچمی)
الوند	۰	۱۹/۷	۴۹/۷	۸۳/۴	۴۲/۶۷	۴۷/۶۷
	۴	۱۸/۷	۴۶	۷۸/۳	۳۹/۶۷	۴۳/۰۰
	۸	۱۵/۳	۳۹/۳	۶۴/۷	۳۴/۰۰	۴۱/۰۰
	۱۲	۱۳/۷	۳۵	۴۷/۵	۳۲/۳۳	۳۷/۶۷
	۱۶	۱۲/۷	۲۰	۴۲/۱	۲۸/۳۳	۳۳/۳۳
سایسون	۰	۱۵/۳	۲۷/۷	۵۰	۴۴/۰۰	۴۶/۶۷
	۴	۱۱/۷	۲۰	۳۷/۲	۴۱/۰۰	۴۱/۰۰
	۸	۱۱/۳	۱۹/۳	۳۲	۳۶/۶۷	۳۶/۶۷
	۱۲	۱۱/۷	۱۷	۲۸/۷	۳۲/۳۳	۳۱/۶۷
	۱۶	۹/۷	۱۶/۳	۲۸/۷	۲۹/۳۳	۲۷/۰۰
نوید	۰	۲۳	۴۶	۷۴/۷	۴۱/۶۷	۴۲/۳۳
	۴	۲۱	۴۲/۷	۶۶/۳	۴۱/۰۰	۴۱/۰۰
	۸	۱۸/۳	۳۵	۵۵/۷	۳۷/۰۰	۳۷/۳۳
	۱۲	۱۸/۳	۳۰/۷	۵۲	۳۳/۰۰	۳۴/۰۰
	۱۶	۱۶/۷	۲۷/۳	۴۳/۷	۲۹/۶۷	۳۰/۳۳
توس	۰	۲۴	۴۵	۷۷/۳	۴۰/۶۷	۴۲/۳۳
	۴	۲۲	۴۴/۳	۷۵	۳۹/۰۰	۳۸/۳۳
	۸	۲۱/۷	۳۸/۷	۶۹	۳۴/۶۷	۳۴/۰۰
	۱۲	۲۰	۳۵	۶۲/۷	۳۱/۶۷	۳۲/۶۷
	۱۶	۱۹	۳۳/۷	۵۶/۷	۳۰/۰۰	۳۳/۰۰
	$LSD_{5\%}$	۲/۷	۵/۷	۹/۱	۱/۹۴	۱/۹۱

Hd: سنبله‌دهی، At: گرده‌افشانی، Sf: پرشدن دانه و Mat: رسیدگی

داشت. تفاوت ارتفاع ارقام گندم ناشی از تنوع ژنتیکی آنهاست (۱۶) و نتایج بسیاری حاکی از اختلاف ارقام گندم از نظر تأثیر شوری بر ارتفاع بوته است (۶ و ۹).

شاخص عدد کلروفیل‌متر سه برگ فوقانی ارقام گندم در مرحله گرده‌افشانی تحت تأثیر شوری کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۲). در سطح صفر، رقم سایسون نسبت به دو رقم نوید و توس به‌طور معنی‌داری از عدد کلروفیل‌متر بزرگ‌تری در مرحله گرده‌افشانی برخوردار بود. اما با افزایش تیمار شوری، از تفاوت بین ارقام کاسته شد. به‌طوری‌که در سطح ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر تفاوتی بین ارقام مشاهده نشد (جدول ۴). عدد کلروفیل‌متر برگ پرچمی ارقام گندم در مرحله پرشدن دانه نیز با افزایش شوری کاهش معنی‌داری نشان داد، هر چند رقم سایسون در سطح صفر شوری، عدد کلروفیل‌متر بزرگ‌تری در مقایسه با دو رقم توس و نوید داشت. اما با افزایش شوری، عدد کلروفیل‌متر برگ پرچمی آن افت بیشتری در مقایسه با ارقام دیگر داشت و در بالاترین سطح تنش از نظر آماری مقدار

جدول ۵. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در انتهای فصل در ارقام گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک سنبله	طول سنبله	درصد ساقه بارور	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱۰/۲**	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}
رقم گندم (a)	۳	۰/۰۰۷۷**	۱۱/۴۱**	۷۹/۶**	۴/۷۰**	۶۷/۵۲*
شوری (b)	۴	۰/۰۳۴۹**	۷/۲۱**	۹۴۰/۹**	۲۱۹/۵۵**	۷۳۹/۷۳**
a×b	۱۲	۰/۰۰۰۷**	۰/۷۹**	۵/۹**	۵/۴۶*	۴۶/۶۸**
خطا	۳۸	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۹	۱/۵	۰/۳۸	۲/۷
CV (٪)	–	۲/۲	۴/۵	۲/۰	۶/۱	۶/۶

**، *و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی‌دار

کمتری را به خود اختصاص داد (جدول ۲). عزیزوف و خانیشوا (۱۲) با بررسی ۲۰ ژنوتیپ مختلف گندم دریافتند که تنش شوری، محتوای کلروفیل برگ گندم را کاهش داد. هم‌چنین، کاردوویلا و همکاران (۱۳) بیان داشتند که تحت تأثیر شوری عوامل غیر روزنه‌ای مانند کارایی رابیسکو و تولید مجدد آن و مقدار کلروفیل برگ کاهش می‌یابند. با توجه به این‌که همبستگی بالایی بین عدد کلروفیل‌متر و نیتروژن برگ وجود دارد، از این رو کاهش مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی در محیط‌های شور، در اثر ممانعت یون کلر از جذب نیترات، می‌تواند یکی از دلایل کاهش کلروفیل برگ باشد، که در نتیجه آن تخریب کلروپلاست اتفاق می‌افتد (۵). از سویی دیگر، شوری سبب کاهش غلظت منیزیم در برگ شده و از آنجا که منیزیم یک عنصر ضروری برای ساخت کلروفیل است، این موضوع می‌تواند کاهش کلروفیل برگ را توجیه نماید (۱۷).

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثرهای اصلی رقم و شوری بر صفات وزن خشک گیاهچه، طول سنبله، درصد ساقه بارور، عملکرد بیولوژیک و دانه گندم بود (جدول ۵). اثر متقابل رقم و شوری نیز در صفات یاد شده معنی‌دار گردید (جدول ۵).

به‌طورکلی، با افزایش شوری آب آبیاری، کاهش معنی‌داری در صفات وزن خشک سنبله، طول سنبله، درصد ساقه بارور، عملکرد بیولوژیک و دانه ارقام گندم مشاهده شد (جدول ۶). وزن خشک سنبله رقم نوید به غیر از سطح ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر در سایر سطوح تنش نسبت به دیگر ارقام به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۶). هرچند رقم سایسون در سطح شوری صفر نسبت به رقم توس وزن خشک سنبله بیشتری داشت. اما در هر یک از سطوح شوری بالاتر، کمترین مقدار وزن خشک سنبله متعلق به رقم سایسون بود (جدول ۶). مطابق نتایج پژوهش حاضر، کاهش ماده خشک تجمع یافته در سنبله گندم با افزایش شوری توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۷ و ۲۲).

در شرایط عدم تنش (سطح صفر)، دو رقم الوند و نوید بیشترین طول سنبله را داشتند. در سایر سطوح تنش، ارقام نوید و توس طول سنبله بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشتند و رقم سایسون کمترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۶). در سطح شوری صفر، درصد ساقه بارور رقم الوند نسبت به سه رقم دیگر به‌طور معنی‌داری کمتر بود (جدول ۶). با افزایش تنش شوری ناشی از آب آبیاری، رقم سایسون نسبت به دیگر ارقام بیشترین درصد ساقه بارور را به خود اختصاص داد و در بالاترین سطح شوری، برتری با رقم سایسون بود.

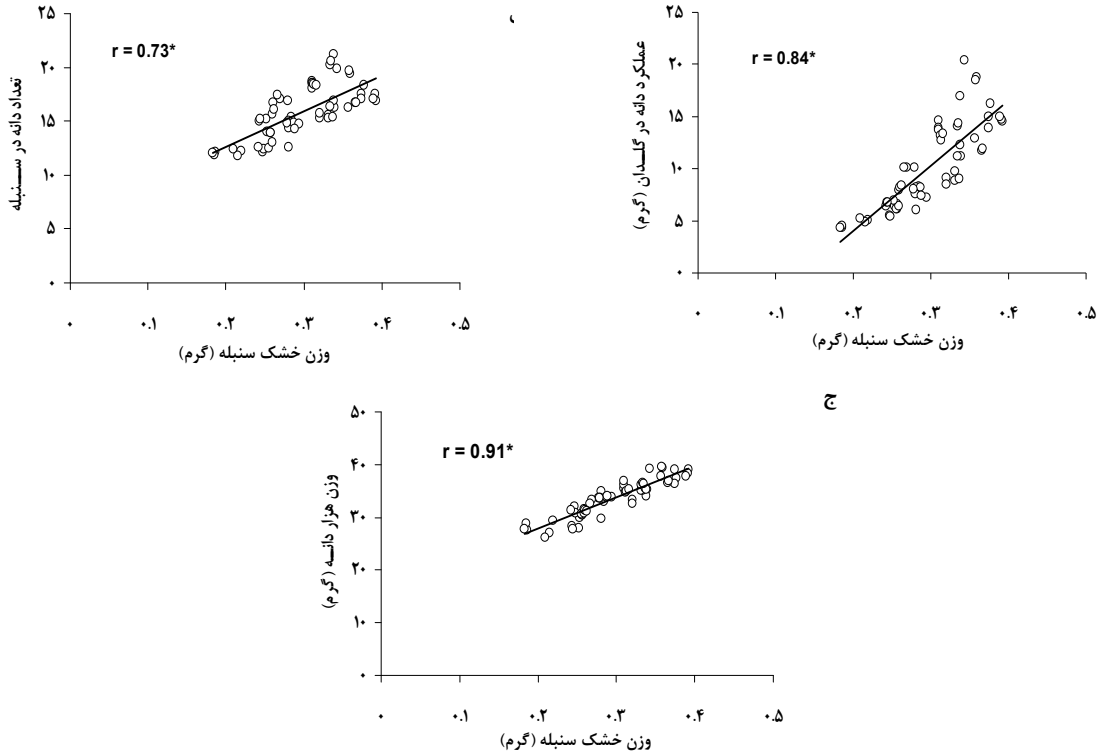
در سطوح شوری صفر و ۴ دسی‌زیمنس بر متر، بیشترین

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده ارقام گندم در سطوح مختلف تنش شوری

رقم	شوری (dS/m)	صفت				
		وزن خشک سنبله (g)	طول سنبله (cm)	درصد ساقه بارور	عملکرد دانه (g/pot)	عملکرد بیولوژیک (g/pot)
الوند	۰	۰/۳۷۵	۸/۴۶	۹۰/۵	۱۵/۰	۳۲/۲
	۴	۰/۳۳۷	۷/۸۸	۸۶/۹	۱۱/۶	۲۷/۸
	۸	۰/۳۰۸	۷/۰۳	۸۱/۱	۸/۷	۲۲/۵
	۱۲	۰/۳۵۶	۶/۷۰	۷۳/۷	۶/۴	۱۹/۳
	۱۶	۰/۲۱۴	۵/۱۵	۵۴/۵	۵/۰	۱۵/۲
سایسون	۰	۰/۳۵۳	۶/۷۱	۹۵/۲	۱۹/۲	۳۹/۹
	۴	۰/۳۰۰	۵/۵۰	۹۳/۴	۱۴/۱	۳۵/۰
	۸	۰/۲۸۳	۵/۷۴	۸۴/۲	۸/۰	۲۰/۱
	۱۲	۰/۲۴۶	۵/۶۸	۷۷/۲	۵/۸	۱۲/۷
	۱۶	۰/۱۸۵	۴/۶۰	۷۰/۴	۴/۴	۹/۴
نوید	۰	۰/۳۹۱	۸/۷۴	۹۵/۲	۱۴/۷	۳۲/۸
	۴	۰/۳۶۳	۸/۵۳	۹۰/۶	۱۲/۲	۲۹/۹
	۸	۰/۳۳۳	۷/۹۳	۸۴/۰	۹/۲	۲۳/۸
	۱۲	۰/۲۸۷	۶/۸۹	۷۸/۰	۷/۵	۲۲/۱
	۱۶	۰/۳۶۵	۶/۶۲	۶۷/۳	۶/۲	۱۷/۸
توس	۰	۰/۳۳۶	۷/۲۵	۹۴/۴	۱۵/۱	۳۳/۸
	۴	۰/۳۱۴	۶/۶۴	۹۰/۷	۱۳/۱	۳۱/۷
	۸	۰/۲۷۱	۶/۸۱	۸۴/۸	۱۰/۱	۲۸/۳
	۱۲	۰/۲۶۰	۶/۳۶	۷۹/۵	۸/۲	۲۵/۸
	۱۶	۰/۲۴۶	۶/۵۵	۶۴/۹	۶/۸	۱۹/۹
LSD- 5%		۰/۰۱۱	۰/۵۱	۲/۸۶	۱/۰	۲/۷۱

عملکرد دانه از نظر آماری متعلق به رقم سایسون بود. اما با افزایش سطح تنش از مقدار آن به‌شدت کاسته شد. به‌طوری‌که کمترین مقدار در رقم یاد شده به‌دست آمد. دو رقم توس و نوید در هر یک از سطوح شوری ۸ تا ۱۶ دسی‌زیمنس برمتر نسبت به دو رقم دیگر به‌طور معنی‌داری از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند (جدول ۶).

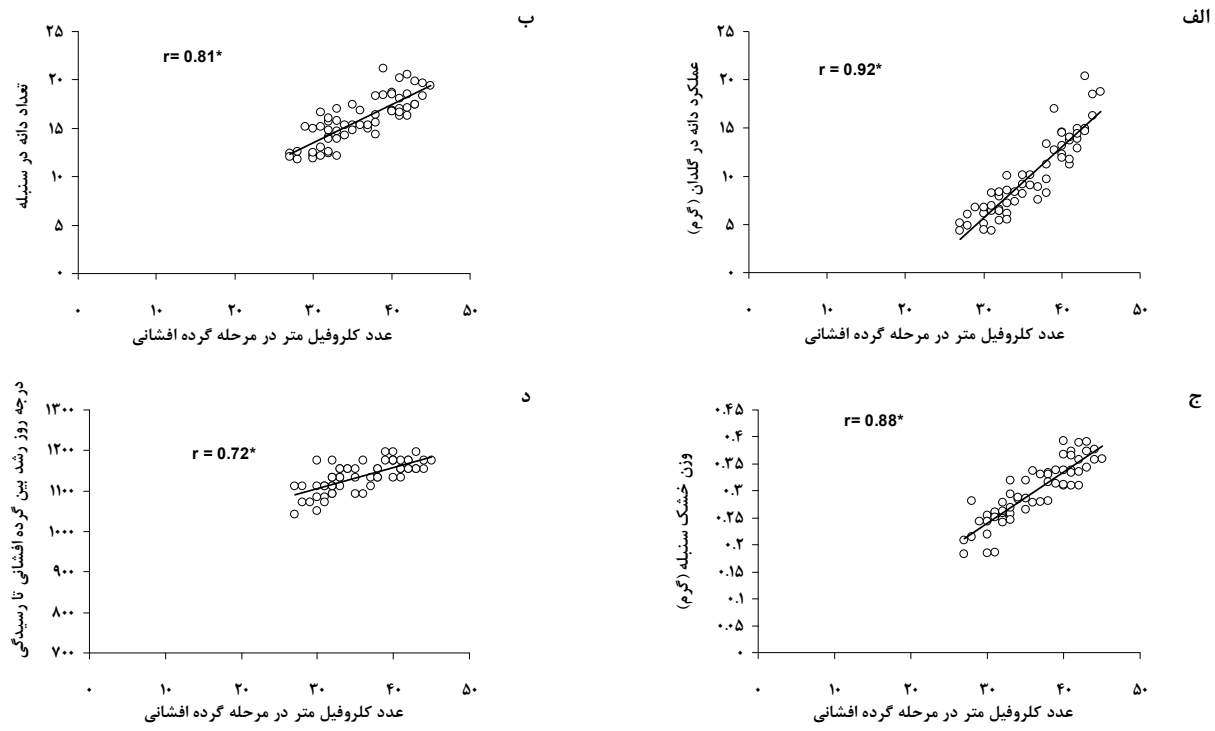
عملکرد بیولوژیک رقم سایسون نیز تا سطح ۴ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سه رقم دیگر از نظر آماری بیشتر بود (جدول ۶). اما با تشدید تنش شوری آب آبیاری، رقم توس در مقایسه با سه رقم دیگر ثبات بیشتری در عملکرد بیولوژیک داشت و نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). یافته‌های پژوهش انجام شده روی ۳۰ رقم گندم حاکی از تفاوت میزان تحمل ارقام به شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر بود و ۱۷ رقم بیشترین مقدار دانه و وزن خشک را تولید



شکل ۱. همبستگی عملکرد دانه (الف)، تعداد دانه در سنبله (ب) و وزن هزار دانه (ج) با وزن خشک سنبله گندم (*، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪)

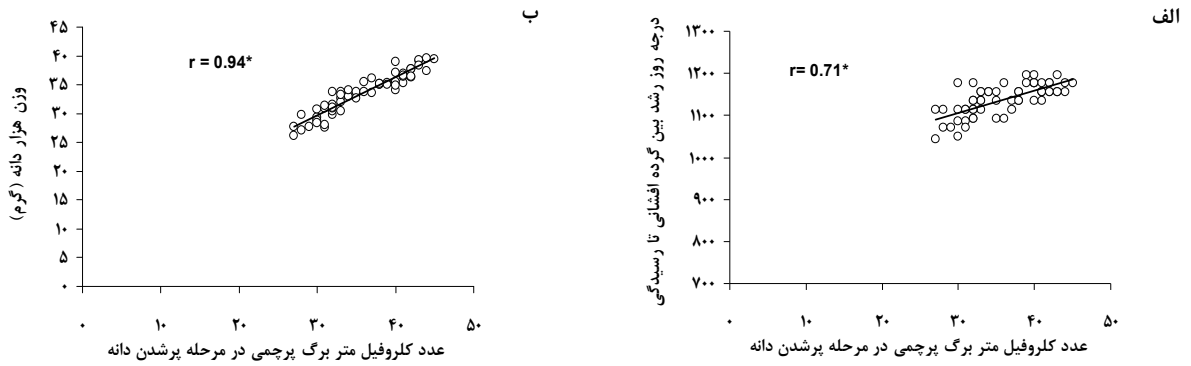
کردند و در گروه متحمل به شوری قرار گرفتند (۱). در مطالعه گلخانه‌ای دیگر، واکنش ارقام گندم در شرایط تنش شوری با یکدیگر متفاوت بود و عملکرد دانه ارقام متحمل روشن، کویر و کارچیا در شرایط تنش کاهش کمتری نشان داد (۲). تأثیر شوری بر عملکرد دانه و بیولوژیک گندم در پژوهش‌های دیگر نیز نشان داده شده است (۷ و ۱۰).

در بین صفات اندازه‌گیری شده انتهای فصل، وزن خشک سنبله همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و درصد سنبله بارور نشان داد (شکل ۱). از آنجا که در شرایط تنش، به‌دلیل کاهش تولید ماده خشک و به‌دنبال آن کاهش طول ساقه و مواد فتوسنتزی قابل انتقال آن، سهم ساقه و دیگر اندام‌های رویشی در پر کردن دانه و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. لذا، به‌نظر می‌رسد که سنبله‌های سنگین‌تر به‌دلیل ظرفیت فتوسنتزی بیشتر، توانایی بالاتری در تأمین مواد فتوسنتزی جاری لازم برای پر شدن دانه‌ها را خواهند داشت. هم‌چنین، به دلیل نزدیکی مواد فتوسنتزی ذخیره شده در سنبله به مقاصد فتوسنتزی (دانه‌ها) در مرحله پرشدن دانه، امکان پر شدن تعداد بیشتری از دانه‌های تشکیل شده فراهم خواهد شد و وزن دانه‌های در حال نمو نیز به‌دنبال جریان بیشتر مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد. از این رو، به نظر می‌رسد که وزن خشک سنبله در شرایط تنش شوری تأثیری مثبت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دارد و گزینش ارقام دارای سنبله‌های بزرگ‌تر و سنگین‌تر در شرایط تنش امکان ثبات بیشتر تولید را فراهم خواهد نمود. با توجه به نتایج به‌دست آمده (جدول ۶) و رابطه مثبت وزن خشک سنبله با عملکرد دانه، می‌توان کاهش بیشتر عملکرد رقم سایسون را به مقادیر کمتر وزن خشک سنبله آن در سطوح شوری نسبت داد. در مقابل، یکی از عوامل تولید دانه بیشتر دو رقم نوید و توس در تنش شوری، وزن خشک سنبله بیشتر آنهاست که با تأثیر مثبت بر تعداد و وزن دانه، عملکرد را افزایش داده است.



شکل ۲. همبستگی صفات عملکرد دانه (الف)، تعداد دانه (ب)، وزن خشک سنبله (ج) و درجه- روز- رشد بین گرده‌افشانی تا رسیدگی (د) گندم با میانگین عدد کلروفیل‌متر قرائت شده برای سه برگ فوقانی بوته‌ها در مرحله گرده‌افشانی (*، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪)

همان‌طور که در نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان داده شد، شوری اثر منفی بر شاخص کلروفیل‌متر سه برگ فوقانی ارقام گندم داشت. با توجه به این‌که این شاخص به‌طور غیرمستقیم مبین مقدار کلروفیل و توان فتوسنتز جاری گیاه نیز است (۱۲)، از این رو کاهش آن می‌تواند بر سایر صفات گیاه اثرگذار باشد. در این مطالعه، عدد کلروفیل‌متر در مرحله گرده‌افشانی رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن خشک سنبله و بازه رشدی بین گرده‌افشانی تا رسیدگی گندم در شرایط تنش شوری داشت (شکل ۲). این روابط نشان‌دهنده آن است که مقدار کلروفیل بیشتر در مرحله حساس گرده‌افشانی به‌دلیل تولید مواد فتوسنتزی بیشتر، موجب تأمین نیاز تعداد مکان‌های بالقوه دانه بیشتری در تنش شوری خواهد شد که در نتیجه آن عقیمی دانه کاهش یافته و تعداد دانه در سنبله افزایش می‌یابد و به دنبال آن عملکرد دانه نیز تحت تأثیر آن بیشتر خواهد شد (شکل ۲). هم‌چنین، مقدار کلروفیل بیشتر در مرحله گرده‌افشانی، موجب تأمین نیاز فتوسنتزی سنبله در حال تکامل شده و وزن خشک آن را در تنش شوری افزایش خواهد داد. همین عامل، همان‌طور که در شکل ۱ اشاره شد، می‌تواند تأثیر مثبتی بر اجزای عملکرد در تنش شوری داشته باشد. از طرفی، مقدار بیشتر کلروفیل در برگ‌های فوقانی، سبزبمانی بیشتر برگ‌ها و اندام‌های زایشی مانند سنبله را در تنش شوری به‌دنبال خواهد داشت. در نتیجه، طول دوره گرده‌افشانی تا رسیدگی گندم در تنش شوری ثبات بیشتری خواهد داشت (شکل ۲- د) و عامل مؤثری در افزایش عملکرد دانه خواهد بود. از این رو، افت بیشتر عدد کلروفیل‌متر رقم سایسون در مواجهه با شوری نسبت به دیگر ارقام (جدول ۴) موجب افت بیشتر مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی در این رقم شد (جدول ۲) و خود یکی از عوامل حساسیت بیشتر عملکرد رقم سایسون نسبت به دیگر ارقام بود. در مقابل، رقم توس از نظر عدد کلروفیل در مرحله گرده‌افشانی و طول دوره گرده‌افشانی تا رسیدگی افت کمتری



شکل ۳. همبستگی صفات درجه- روز- رشد بین گرده‌افشانی تا رسیدگی (الف) و وزن هزار دانه گندم با میانگین عدد کلروفیل‌متر قرائت شده برای برگ پرچمی بوته‌ها در مرحله پرشدن دانه (*، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪)

نسبت به سایر ارقام در تنش شوری نشان داد که نقش مهمی در برتری عملکرد دانه رقم مزبور داشت.

در مرحله پرشدن دانه، تأمین مواد فتوسنتزی دانه‌های در حال نمو نقش مهمی در تعیین وزن نهایی آنها دارد (۱۵). همان‌طور که از نتایج شکل ۳ بر می‌آید، شاخص کلروفیل‌متر برگ پرچمی که تنها برگ فعال در مرحله پرشدن دانه است، رابطه قوی و مثبتی با طول دوره گرده‌افشانی تا رسیدگی و وزن هزار دانه نشان داد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که شاخص کلروفیل‌متر زیادتر در شرایط تنش شوری، سبزبمانی و به‌دنبال آن طول دوره رشد گندم را از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک افزایش داده است. در نتیجه، مدت زمان بیشتری برای انجام فتوسنتز جاری در برگ پرچمی فراهم شده و همین عامل سبب اختصاص منابع فتوسنتزی بیشتر به دانه‌های در حال پرشدن گردیده، آنها را به حداکثر ظرفیت رشد نزدیک‌تر کرده، افزایش وزن هزار دانه گندم در تنش شوری را در پی داشته و در نهایت سبب برتری ارقام توس و نوید در شرایط تنش گردیده است.

نتیجه‌گیری

شوری آب آبیاری با کاهش طول مراحل فنولوژی گندم، تأثیر منفی بر صفات مرتبط با عملکرد داشت. هم‌چنین، افزایش شوری، مقدار کلروفیل برگ پرچمی گندم را کاهش داد و در این بین رقم توس با کمترین کاهش، همراه با تأثیر کمتر شوری بر فنولوژی آن، از ثبات بیشتری در عملکرد و اجزای عملکرد برخوردار بود. دو رقم نوید و الوند از نظر صفات مورد بررسی و تغییرات آنها تحت تنش شوری، به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در این بین، بیشترین تأثیر شوری آب آبیاری بر مراحل مختلف فنولوژی، در رقم سایسون به‌دست آمد که در نهایت بیشترین افت عملکرد را داشت. به‌طورکلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که مراحل فنولوژی، کلروفیل برگ، صفات مرتبط با وزن خشک سنبله و ارتفاع گندم در شرایط تنش شوری، فاکتورهای تعیین‌کننده در پیش‌بینی عملکرد گندم بودند. از این رو، در مطالعات شوری، توجه به صفات یاد شده امکان نتیجه‌گیری و توجیه مطلوب تغییرات عملکرد و اجرای عملکرد گندم را فراهم خواهد ساخت.

منابع مورد استفاده

۱. پوستینی، ک. ۱۳۸۱. ارزیابی ۳۰ رقم گندم از نظر واکنش به تنش شوری. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۳(۱): ۵۷- ۶۴.

۲. راهنما، ا.، ک. پوستینی، ر. توکل افشاری و ع. رسول نیا. ۱۳۹۰. بررسی فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و پراکسیداسیون چربی‌ها در برگ پرچم ارقام حساس و متحمل گندم (*Triticum aestivum* L.) به تنش شوری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران

۴۲(۲): ۳۵۹-۳۷۱.

۳. سعادتیان، ب.، گ. احمدوند و ف. سلیمانی. ۱۳۹۱. اثر پرایمینگ بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) تحت شرایط تنش خشکی و شوری. مجله علوم و تکنولوژی بذر ۲(۲): ۳۵-۴۴.

۴. شهسواری، م.، ط. یساری، ا. برزگر و ا. امیدی. ۱۳۸۴. مطالعه مراحل نمو و ارتباط آنها با عملکرد دانه در ده ژنوتیپ پیشرفته گلرنگ. فصلنامه پژوهش و سازندگی ۶۸: ۷۵-۸۳.

۵. صالحی، م.، ع. کوچکی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۳. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به‌عنوان شاخصی از تنش شوری در گندم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۲(۱): ۱-۱۱.

۶. فاضلی کاخکی، ف.، ا. نظامی، م. پارسا و م. کافی. ۱۳۹۱. به‌گزینی برای تحمل به شوری در کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت شرایط مزرعه: ۱- خصوصیات فنولوژیک و مورفولوژیک. مجله بوم‌شناسی کشاورزی ۴(۱): ۲۰-۳۲.

۷. قربانی، م.، ا. زینلی، ا. سلطانی و س. گالشی. ۱۳۸۲. تأثیر تنش شوری بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۰(۴): ۱-۹.

۸. کافی، م.، ا. برزوئی، م. صالحی، ع. کمندی، ع. معصومی و ج. نباتی. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد.

۹. محمدی، س.، ن. خوش خلق سیما، ا. مجیدی هروان، ق. نورمحمدی و ع. سعیدی. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل شوری کلرید سدیم در ده ژنوتیپ گندم نان. مجله دانش کشاورزی پایدار ۱۸(۱): ۱۱۹-۱۳۱.

۱۰. هادی، م.، ن. خوش خلق سیما، ر. خاوری نژاد و م. خیام نکوئی. ۱۳۸۷. تأثیر تجمع عناصر در تحمل شوری در هفت ژنوتیپ گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) جمع‌آوری شده از منطقه خاورمیانه. مجله زیست‌شناسی ایران ۲۱(۲): ۳۲۶-۳۴۰.

۱۱. علیزاده، ا.، ا. مجیدی، ح. نادیان، ق. نورمحمدی و م. عامریان. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی و رشد و نمو ذرت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱۴(۵): ۱-۱۱.

12. Azizov, I.V. and M.A. Khanisheva. 2010. Pigment content and activity of chloroplasts of wheat genotypes grown under saline environment. Biol. Sci. 65: 96-97.
13. Cordovilla, M.P., A. Ocana, F. Ligero and C. Liuch. 1995. Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-rhizobium symbiosis. J. Plant Nutr. 18: 1596-1609.
14. Cuartero, J. and R. Fernandez. 1999. Tomato and salinity. Sci. Hort. 78: 83-125.
15. Dolferus, R., X. Ji and R.A. Richards. 2011. Abiotic stress and control of grain number in cereals. Plant Sci. 181: 331-341.
16. Giunta, F., R. Motzo and G. Pruneddu. 2007. Trends since 1900 in the yield potential of Italian-bred durum wheat cultivars. Eur. J. Agron. 27: 12-24.
17. Grieve, C.M., L.E. Francois and E.V. Maas. 1994. Salinity affects the timing of phasic development in spring wheat. Crop Sci. 34: 1544-1549.
18. Koyro, H.W. 2000. Effect of high NaCl salinity on plant growth, leaf morphology and ion composition in leaf tissues of *Beta vulgaris* ssp Maritima. J. Appl. Bot. 74: 67-73.
19. Mohan, M.M., S.L. Narayanan and S.M. Ibrahim. 2000. Chlorophyll stability index (CSI): Its impact on salt tolerance in rice. Int. Rice Res. Notes 25(2): 38-40.
20. Singh, A.L., K. Hariprassana and R.M. Solanki. 2008. Screening and selection of groundnut genotype for tolerance of salinity. Aust. J. Crop Sci. 1(3): 69-77.
21. Suriya-Arunroj, D., N. Supapoj, A. Vanavichit and T. Toojinda. 2005. Screening and selection for physiological characters contributing to salinity tolerance in rice. Kasetsart J. National Sci. 39: 174-184.
22. Zheng, Y., Z. Wang, X. Sun, A. Jia, G. Jiang and Z. Li. 2008. Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relieved senescence at reproductive stage. Environ. Exp. Bot. 62: 129-138.
23. 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.