فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۳، شماره ۶۰، خرداد و تیرماه ۱۴۰۳ صفحه: ۷۵-۹۲
https://doi.org/10.22034/13.60.75

مقاله پژوهشی

ارزیابی صفات فیزیولوژیک و عملکرد در ارقام و لاین‌های امیدبخش گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط شور مزرعه

مجید رجایی[1*]، سیروس طهماسبی[2] و منوچهر دستفال[2]

[1] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

[2] بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۰/۰۴)

چکیده

به‌دلیل گسترش خاک‌های شور در سال‌های اخیر، شناسایی ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم با عملکرد قابل قبول در شرایط شور از اهمیت خاصی برخوردار است. پژوهش حاضر در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار، در شرایط خاک و آب شور منطقه زرین‌دشت استان فارس و در دو سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. در این آزمایش ۱۵ رقم و لاین گندم شامل سیستان، نارین، برات، سارنگ، مهرگان، شوش، سحر، آینه، Ms-90-15، Ms-92-8، Ms-93-5، Ms-93-6، Ms-93-14، Ms-93-16 و S-94-12 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کمترین محتوای سدیم برگ، نشت یونی و مالون دی‌آلدهید مربوط به ارقام مهرگان و سارنگ بود. همچنین محتوای پتاسیم برگ و محتوای نسبی آب برگ در سال اول و دوم در ارقام سیستان، مهرگان، برات، سارنگ و لاین S-94-12 نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین تعداد روز تا رسیدگی با تفاوت معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها مربوط به لاین‌های MS-93-6 و MS-92-8 بود. از سوی دیگر، ارقام مهرگان و آینه زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. براساس نتایج دو ساله چهار ژنوتیپ سارنگ، مهرگان، S-94-12 و برات دارای بالاترین عملکرد، زودرسی مناسب‌تر و اجزای عملکرد متعادل‌تر بودند. در تجزیه بای‌پلات نیز این ژنوتیپ‌ها بالاترین مقدار عملکرد دانه و اجزای عملکرد را داشتند. براساس تجزیه خوشه‌ای که با لحاظ کردن تمامی صفات انجام شد، ژنوتیپ‌ها به سه گروه مجزا تقسیم شدند و ژنوتیپ‌های مهرگان، سارنگ و S-94-12 در یک گروه قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری برای کاشت در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌شوند.

کلمات کلیدی: تحمل به شوری، عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های گندم، تعداد سنبله

مقدمه

یکی از مشکلات موجود در بخش کشاورزی شوری خاک است که در بیش از یک میلیارد هکتار از اراضی جهان و در بیش از ۱۰۰ کشور گسترش یافته است. بنابراین شوری خاک تهدید مهمی برای تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی جهان است (Singh, 2022). گزارش شده است که شوری فرآیندهای

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: rajaie.majid@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Yadav *et al*., 2019). همچنین تنش شوری به‌دلیل اختلال در تغذیه، کاهش فتوسنتز و افزایش تخریب غشای سلولی سبب کاهش رشد و عملکرد می‌شود (Desoky *et al*., 2020). بنابراین برای تثبیت رشد و عملکرد گیاهان زراعی تحت تنش شوری، شناخت تکنیک‌های زراعی مناسب اهمیت فراوانی دارد (Zorb *et al*., 2019). پژوهشگران و جوامع علمی در سراسر جهان بیش از سه دهه است که در حال ارزیابی کاهش خسارت تنش شوری با فناوری‌های ممکن از جمله اصلاح و مهندسی ژنتیک هستند (Hayat *et al*., 2020). گیاهان مکانیسم‌های مختلفی را برای مقابله با تنش شوری از طریق تغییر در صفات فیزیولوژیک، مسیرهای متابولیک و جذب عناصر غذایی اتخاذ می‌کنند (Johnson and Puthur, 2021). صفات فیزیولوژیک مانند دفع سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و تنظیم میزان انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی به‌عنوان معیارهای تحمل گیاه در برابر تنش شوری ارزیابی می‌شوند (Houshmand *et al*., 2005). اگر چه مکانیسم‌های تحمل گیاه به تنش شوری شامل تنظیم اسمزی، حذف یون‌های سمی، گنجاندن یون‌های سمی در واکوئل، سیستم آنتی‌اکسیدانی کارآمد، سیگنال‌دهی هورمونی و غیره است، اما دفع یون‌های سمی از دیرباز به‌عنوان محوری برای تحمل به تنش شوری در گندم شناخته شده است (Naeem *et al*., 2020).

تضمین امنیت غذایی با رشد سریع جمعیت جهان، چالشی بزرگ در آینده خواهد بود. گندم از نظر ارزش غذایی نقش عمده‌ای در تغذیه انسان دارد و به‌دلیل سهم بالای آن در الگوی غذایی مردم جهان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Padhy *et al*., 2022). در دهه‌های گذشته محور اصلی برنامه‌های تحقیقات به‌نژادی غلات، معرفی ارقام پرمحصول در شرایط بهینه بوده است. بنابراین شناسایی و معرفی ارقام گندم که عملکرد قابل قبولی دارند، در برنامه‌های به‌نژادی مورد توجه قرار گرفته است (Hunt, 2017). اهمیت اقتصادی غلات به‌ویژه گندم ایجاب می‌کند، هر گونه راهکاری برای بهینه‌سازی سیستم تولید این محصول مورد ارزیابی و کاربرد قرار گیرد (Ramadas *et al*., 2020). همچنین تولیدکنندگان با تمرکز بر عوامل مؤثر روی کاهش عملکرد گندم در شرایط تنش‌های محیطی، تولید این گیاه را به‌طور مداوم بهبود بخشیده‌اند. بنابراین میزان کمیت و کیفیت گندم تولیدی که برای فرآوری محصولات غذایی مختلف ایده آل می‌باشد، با تحقیقات دقیق بهبود یافته است (Igrejas and Branlard, 2020).

زراعت گندم در بسیاری از نقاط دنیا و در شرایط آب و هوایی مختلف امکان‌پذیر است، اما شور شدن برخی زمین‌های کشاورزی در طی سال‌های متمادی سبب افت عملکرد محصول شده است. اتخاذ روش‌های صحیح مدیریت مثل تاریخ مناسب کاشت، ارقام متحمل، کود و آبیاری می‌تواند بخشی از این افت عملکرد را کاهش داد (Pour-Aboughadareh *et al*., 2021). بنابراین استفاده از روش‌هایی مانند کاشت ارقام سازگار و متحمل، بررسی واکنش‌های فیزیولوژیک و سایر مواردی که امکان توسعه هر چه بیشتر کشت گیاهان در مناطق شور و نیمه‌شور را فراهم کند، در این رابطه مؤثر خواهند بود (Miransari and Smith, 2019). بر طبق گزارش‌های محققان، گندم دارای تنوع ژنتیکی فوق‌العاده‌ای برای تحمل به شوری است (Farhangian-Kashani *et al*., 2021). در طی چند دهه اخیر، ذخایر ژنتیکی گندم بهبود یافته‌اند و مشخص شده است که سه مکانیسم عمده تحمل به شوری، تنظیم اسمزی و حذف یون سدیم در کاهش اثرات شوری مؤثرند. با این حال، معرفی رقم‌های گندم پر محصول سازگار با شرایط شور به دلایل متعددی از جمله وجود شکاف در دانش درک مبنای ژنتیکی تحمل به شوری و به‌کارگیری دانش موجود برای معرفی ارقام پر محصول متحمل به شوری، چندان مؤثر نبوده است (Pour-Aboughadareh *et al*., 2021). با توجه به اینکه گسترش زمین‌های شور در آینده نزدیک یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود بوده که سبب کاهش تولید و امنیت غذایی در سراسر جهان خواهد شد، بنابراین ارزیابی فن‌آوری‌های جدید برای بهبود تولیدات کشاورزی در خاک‌های متأثر از تنش شوری مورد نیاز است. شناسایی و معرفی ارقام گندم که در شرایط تنش شوری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

عملکرد قابل قبولی دارند یکی از این راهکارها است. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی عملکرد در ارقام و لاین‌های امیدبخش جدید گندم تحت تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

طراحی آزمایش و تیمارها: به‌منظور بررسی لاین‌ها و ارقام گندم پر محصول و متحمل به شوری، در شرایط اقلیمی زرین‌دشت استان فارس، آزمایشی مزرعه‌ای در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار و با ۱۵ تیمار شامل ارقام و لاین‌های سیستان، نارین، برات، سارنگ، مهرگان، شوش، سحر، آینه، Ms-90-15، Ms-92-8، Ms-93-5، Ms-93-6، Ms-93-14، Ms-93-16 و S-94-12 بود. ارقام و لاین‌های مورد استفاده با هماهنگی مرکز ملی شوری و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انتخاب و در یک مزرعه‌ای با آب و خاک شور کاشت شدند. شجره لاین‌ها و ارقام گندم مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

محل انجام آزمایش به‌نحوی انتخاب شد که متوسط شوری خاک و آب محل انجام آزمایش فراتر از حد تحمل گزارش شده در ارقام مختلف گندم (بین ۳/۵ تا ۵ دسی‌زیمنس بر متر) باشد (رنجبر و بناکار، ۱۳۸۹). قبل از شروع آزمایش در ابتدای آذر ماه نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و خصوصیات خاک همچون قابلیت هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج الکتریکی اندازه‌گیری شد. بافت خاک به‌روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962)، پی‌اچ در خمیر اشباع، کربنات کلسیم معادل به‌روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک (Allison and Moodie, 1965)، ظرفیت تبادل کاتیونی به‌روش جایگزینی کاتیون‌ها با استات سدیم (Chapman, 1965)، کربن آلی به‌روش واکی بلاک (Jackson, 1958)، فسفر قابل جذب به‌روش آبی آسکوربیک (Watanabe and Olsen, 1965) و روی، مس، منگنز و آهن قابل استفاده به‌روش دی تی پی ا (Lindsay and Nortvell, 1987) تعیین شد. هم‌چنین ترکیب آنیونی و کاتیونی آب مورد استفاده در مزرعه به روش آزمایشگاه شوری ایالات متحده (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) اندازه‌گیری شد. خصوصیات خاک و آب محل انجام آزمایش در جدول‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

در تاریخ ۱۵ آذر ماه هر سال کاشت به‌صورت دستی، به روش جوی و پشته و با فاصله جوی و پشته‌های ۶۰ سانتی‌متر انجام گرفت. هر ژنوتیپ بر روی چهار پشته کاشت شد. روی هر پشته سه خط کاشت به‌طول شش متر و با فاصله خطوط کشت ۱۲/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای برداشت نهایی پس از حذف نیم متر از دو طرف خطوط کاشت و حذف دو پشته کناری به‌عنوان حاشیه، دو پشته وسط برداشت شدند. قبل از کاشت میزان کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و دستورالعمل فنی مؤسسه خاک و آب برای تغذیه گندم در شرایط شور تعیین و در هر سال ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت پیش کاشت مصرف شد. در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و در سه قسط مساوی (قبل از کاشت و در مراحل پنجه‌زنی و ساقه رفتن) مصرف شد. برای مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش آکسیال و برای پهن برگ‌ها از برمایسید MA استفاده شد. آبیاری و سایر عملیات زراعی به‌طور یکنواخت برای تمامی تیمارها و کل مزرعه اجرا شد. میزان آب ورودی با پارشال فلوم اندازه‌گیری و هر آبیاری با در نظر گرفتن ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی و ۲۰ درصد نیاز آب‌شویی انجام گرفت.

اندازه‌گیری صفات، غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و کلر برگ: نمونه‌گیری برگ جهت اندازه‌گیری عناصر قبل از گلدهی انجام شد. نمونه‌های برداشت‌شده به‌طور کامل با آب‌مقطر شسته شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. یک گرم از نمونه خشک‌شده توزین و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت پنج ساعت خاکستر شد. از خاکستر حاصل عصاره‌گیری و مقادیر سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر خوانده شد. در نهایت اعداد خوانده‌شده به‌وسیله مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های استاندارد تعدیل شدند (Patterson *et al.*, 1984).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۱- شجره لاین‌ها و ارقام گندم مورد بررسی در آزمایش

لاین/ رقم	شجره
سیستان	Banks"s"/Veery"s"
نارین	Alvd//Alvand/las58//2213-66-1
مهرگان	Oasis/Skauz//4*Bcn/3/2*Pastor
برات	Slvs*2/Pastor
سارنگ	Prl/2*Pastor/4/Choi×/Star/3/He1/3*Cono79//2*Seri
شوش	Cbrd3-3/Stork×Dicocoides
MS-90-15	Pishtaz/Karicha
MS-92-8	T.east*Ti(La(Frcal.Xgb))Pbw154/3Halt
MS-93-6	Banks"s"/Veery"s"/4/1-66-22///Bow"s"/Crow"s"/3Kavir
MS-93-14	"Falat/3/Croc-1/Aegilops Squarrosa(Taus)//Kauz Cig90/4/Bank
MS-93-5	1-63-31/3/12300/Tob//Cno/Sx/4/Wibill1
MS-93-16	Marvdasht/3/Karavan1//Sun640/M2512/4Niknejad
سحر	Rolf07/3/T.Dicoccon P194625/Ae.Squarroza (372)//3*Pastor
آینه	Spn/Mcd//Cama/3/Nzr/4/Pssarinho/5/Yacol/2*Parus/7/T.Aeast/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow
S-94-12	Irena/Babax//Pastor/4/Lfn/1158-57//Pr/3/Han

جدول ۲- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت	Cu	Mn	Zn	Fe	P	K	OC	T.N.V	SP	سال
	mg kg^{-1}						٪			
لوم	۰/۵۴	۵/۱	۰/۶۶	۴/۳	۸/۹	۱۸۵	۰/۵۵	۳۵	۳۴	اول
لوم	۰/۴۱	۴/۳	۰/۵۱	۵/۶	۱۰/۲	۱۷۰	۰/۶۱	۳۲	۳۶	دوم
Sum Cation	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Sum Anion		So_4^{2-}	Cl^-	Hco_3^-	Co_3^{2-}	سال
	me l^{-1}									
۱۵۳	۸۵/۸	۲۳/۱	۴۴/۱	۱۵۲/۸		۴۹	۹۹/۴	۴/۴	–	اول
۱۴۱/۱	۷۹/۳	۲۰/۲	۴۱/۶	۱۴۲/۴		۴۶	۹۱/۳	۵/۱	–	دوم

جدول ۳- نتایج تجزیه آب شور مورد استفاده در آزمایش

SAR	مجموع کاتیون‌ها	K^+	Na^+	Ca+Mg	مجموع آنیون‌ها	$SO4^{2-}$	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}	pH	EC dSm^{-1}	سال
	me l^{-1}											
۲۱/۱	۱۲۲/۱	۱۲/۳	۸۱/۸	۲۸	۱۲۲/۵	ناچیز	۱۱۵/۱	۷/۴	ناچیز	۶/۸۹	۹/۸	اول
۱۹/۹	۱۱۸/۹	۱۱/۹	۷۷/۰	۳۰	۱۱۷/۳	ناچیز	۱۱۰/۵	۶/۸	ناچیز	۷/۲۲	۸/۷	دوم

جهت اندازه‌گیری غلظت کلر در برگ، نیم گرم نمونه برگ خشک‌شده با اکسید کلسیم و آب دوبار تقطیر به‌صورت خمیر در آورده شد و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج ساعت خاکستر شد. به‌منظور تهیه عصاره، خاکستر به‌دست آمده با ۵۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر صاف و به‌روش تیتراسیون با نیترات نقره، غلظت کلر اندازه‌گیری شد (Banuls

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

and Primo-Millo, 1995).

صفات فیزیولوژیک: از هر تیمار برگ‌های کامل جوان و شاداب اوایل صبح و قبل از طلوع آفتاب نمونه‌برداری شدند. میزان مالون دی‌آلدهید با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Vis 2100 ساخت کشور آمریکا، با جذب در طول‌موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر محاسبه شد (Heath and Packer, 1968). نشت یونی با استفاده از روش Sairam و همکاران (۲۰۰۹) و محتوای نسبی آب برگ با استفاده از روش Weatherely (۱۹۵۰) تعیین شد.

صفات زراعی: در طول فصل رشد صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا پنجه‌زنی (DTil)، تعداد روز تا ساقه‌دهی (DStm)، تعداد روز تا ظهور سنبله (DHE) و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (DMA) ثبت شدند. همچنین قبل از رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته (PLH) اندازه‌گیری شد. در هر سال پس از حذف حاشیه، برداشت هر کرت از ردیف‌های وسط با مساحتی معادل یک متر مربع صورت گرفت و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله بارور (Spm^2) در متر مربع، تعداد دانه در سنبله (GpS) و وزن هزار دانه (TKW) اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک نمونه‌ها توسط آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس به‌وسیله ترازوی دقیق توزین شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه پس از جداسازی دانه‌ها و توزین، عملکرد دانه بر اساس تن در هکتار محاسبه گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و GenStat نسخه ۱۵ انجام گرفت. آزمون یکنواختی آزمایش با استفاده از روش بارتلت روی کلیه صفات مورد بررسی انجام شد و هنگامی‌که واریانس خطای صفات در دو سال متوالی با یکدیگر همگون بودند، مقایسه میانگین این صفات به‌صورت تجزیه مرکب صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. در صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام گردید. به‌منظور بررسی همزمان ارتباط صفات مورد بررسی و عملکرد دانه در ارقام از روش تجزیه بای‌پلات استفاده شد. همچنین برای گروه‌بندی ارقام با استفاده از صفات مورد مطالعه از روش تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد.

نتایج و بحث

غلظت سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت پتاسیم به سدیم برگ: نتایج تجزیه واریانس عناصر سدیم، پتاسیم، کلر و نسبت پتاسیم به سدیم حاصل از تجزیه برگ گندم در جدول ۴ آورده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که اثر ژنوتیپ بر غلظت عناصر برگ معنی‌دار شده است. همچنین برهمکنش سال و ژنوتیپ روی صفات سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کمترین محتوای سدیم برگ در سال اول با میزان ۰/۱۶۵ و ۰/۱۶۷ درصد مربوط به ارقام مهرگان و سارنگ بود (جدول ۵). همچنین ارقام سیستان، نارین برات، شوش و لاین S-94-12 دارای محتوای سدیم کمتری بودند. از سوی دیگر در سال اول بیشترین محتوای سدیم در لاین MS-93-6 با میزان ۰/۲۸۴ درصد مشاهده شد. نتایج محتوای سدیم در سال دوم مشابه با سال اول نشان داد که در مجموع ارقام سارنگ، سحر و مهرگان (به ترتیب با ۰/۱۶۱، ۰/۱۶۷ و ۰/۱۸۲ درصد) دارای محتوای سدیم کمتری بودند. اما بقیه ارقام و لاین‌های مورد بررسی محتوای سدیم بیشتری نشان دادند، هر چند که برخی ارقام از جمله نارین و برات با سارنگ، سحر و مهرگان اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

محتوای پتاسیم برگ در سال اول و دوم در مهرگان، لاین S-94-12، برات، سیستان، سارنگ و نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). اما بقیه لاین‌های مورد بررسی محتوای پتاسیم کمتری نشان دادند. همچنین در سال اول و دوم کمترین محتوای پتاسیم به ترتیب در رقم سحر (۱/۶۷ درصد) و لاین MS-92-8 (۱/۶۳ درصد) مشاهده شد.

کمترین محتوای کلر برگ در ارقام مهرگان، سارنگ، شوش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب صفات محتوای سدیم، پتاسیم، کلر، نسبت پتاسیم به سدیم، نشت یونی، مالون دی‌آلدهید، محتوای نسبی آب برگ، روز تا پنجه‌زنی، روز تا ساقه‌روی، روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	سدیم	پتاسیم	کلر	نسبت پتاسیم به سدیم	نشت یونی	مالون دی‌آلدهید
سال	۱	۰/۰۰۳۶**	۰/۰۸۰^{ns}	۰/۵۰۳^{ns}	۰/۲۵۴^{ns}	۱۵۰/۵۴^{ns}	۲/۲۵^{ns}
بلوک در سال	۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۴۱	۰/۰۵۰	۱/۹۴۹	۵/۹۳	۰/۴۵۵
ژنوتیپ	۱۴	۰/۰۰۶۸**	۰/۵۴۳**	۰/۲۷۱**	۹۴/۱۵۰**	۴۹۲/۱۰**	۱۱/۹۹**
سال× ژنوتیپ	۱۴	۰/۰۰۱*	۰/۱۱۹*	۰/۰۷۱^{ns}	۷/۲۹۳*	۸۰/۲۹^{ns}	۲/۰۹*
اشتباه آزمایشی	۵۶	۰/۰۰۰۵	۰/۰۵۳	۰/۰۴۰	۲/۷۳۸	۵۰/۳۴	۰/۹۸۹
ضریب تغییرات	-	۱۰/۹	۹/۴	۱۰/۸	۱۳/۷	۱۰/۵	۱۳/۶

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ هستند.

ادامه جدول ۴-

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای نسبی آب برگ	روز تا پنجه زنی	روز تا ساقه روی	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۱	۱۳/۹۰^{ns}	۵۹۲/۹۰**	۱۳/۶۱^{ns}	۳۴۴/۱۷**	۱۴/۴۰^{ns}
بلوک در سال	۴	۶/۱۱	۱/۴۲	۱۹/۹۰	۱۴/۰۴	۱۶/۸۶
ژنوتیپ	۱۴	۲۲۴/۶۰**	۲۱/۱۵**	۱۳/۴۵^{ns}	۱۱۶/۶۳**	۲۳۲/۴۷**
سال× ژنوتیپ	۱۴	۸/۶۳^{ns}	۱۳/۹۲**	۳۲/۹۲^{ns}	۳۷/۵۸**	۱۰/۸۰^{ns}
اشتباه آزمایشی	۵۶	۹/۷۷	۴/۹۱	۲۰/۶۱	۶/۰۹	۱۲/۵۳
ضریب تغییرات	-	۱۱/۱	۴	۵/۱۶	۱/۸۷	۲/۱۷

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و اثر معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ هستند.

و لاین S-94-12 مشاهده شد، که این ارقام با سیستان و نارین اختلاف معنی‌داری نداشتند. از سوی دیگر، لاین‌های MS-92-8، MS-93-6 و MS-93-5 دارای بیشترین محتوای کلر بود (جدول ۶).

نسبت پتاسیم به سدیم برگ در سال اول در ارقام سیستان، مهرگان، برات، سارنگ و لاین S-94-12 نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). همچنین در سال دوم، نسبت پتاسیم به سدیم برگ در رقم سارنگ نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر افزایش معنی‌داری نشان داد. در سال اول تمامی لاین‌ها بجز لاین‌های S-94-12 و MS-90-15 در مقایسه با ارقام مختلف از نسبت پتاسیم به سدیم کمتری برخوردار بود. همچنین در سال دوم لاین MS-93-5 با میزان ۶/۸۰ کمترین نسبت پتاسیم به سدیم را نشان داد (جدول ۵).

از میان سازوکارهای تحمل به شوری در گیاهان، قابلیت جذب کمتر سدیم توسط اندام‌های گیاه در سطوح سلولی و مولکولی بررسی شده است (Kordrostami and Rabiei, 2019). شوری خاک به‌دلیل دخالت در دسترسی به عناصر غذایی، رقابت برای جذب عناصر غذایی و انتقال، منجر به عدم تعادل تغذیه‌ای می‌شود (Wu *et al.*, 2018)، به‌طوری‌که یون سدیم موجود در خاک شور با افزایش فشار اسمزی محلول خاک روی دسترسی و جذب عناصر غذایی توسط ریشه تأثیر می‌گذارد (Ndiate *et al.*, 2021). نتایج این آزمایش نشان داد که آنچه باعث تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نسبت به شوری شده است، مربوط به توانایی ژنتیکی این ارقام در تجمع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش سال و ژنوتیپ در صفات محتوای سدیم (درصد)، پتاسیم (درصد)، نسبت پتاسیم به سدیم، مالون‌دی آلدهید (میکرومول بر گرم وزن تازه)، روز تا پنجه‌زنی و روز تا گلدهی

سال	ژنوتیپ	سدیم	پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	مالون دی‌آلدهید	روز تا پنجه‌زنی	روز تا گلدهی
سال اول (۱۳۹۷-۹۸)	سیستان	۰/۱۷۵ fg	۲/۹۴ abc	۱۸/۸۸ a	۸/۹۹ de	۵۹ ab	۱۴۰ bcd
	نارین	۰/۱۸۶ efg	۲/۴۷ cd	۱۳/۳۲ bc	۹/۲۳ cde	۵۶ b	۱۳۲ efgh
	مهرگان	۰/۱۶۵ g	۳/۲۱ a	۱۹/۴۳ a	۷/۹۹ e	۵۶ b	۱۲۶ i
	برات	۰/۱۹۳ efg	۳/۱۵ ab	۱۶/۳۴ ab	۹/۳۱ cde	۵۸ ab	۱۳۵ def
	سارنگ	۰/۱۶۷ g	۲/۹۲ abc	۱۷/۵۴ a	۸/۳۵ e	۵۵ b	۱۲۷ hi
	شوش	۰/۲۱۱ d-g	۲/۴۸ cd	۱۱/۶۸ c	۹/۹۵ cde	۵۵ b	۱۳۰ fgh
	MS-90-15	۰/۲۱۸ c-f	۲/۶۴ bcd	۱۲/۱۱ c	۱۰/۵۴ bcd	۵۷ ab	۱۲۹ ghi
	MS-92-8	۰/۲۲۸ b-e	۲/۲۲ de	۹/۸۹ cd	۱۱/۰۵ bc	۶۰ ab	۱۴۲ b
	MS-93-6	۰/۲۸۴ a	۱/۹۷ ef	۶/۹۴ d	۱۲/۴۴ ab	۶۳ a	۱۴۸ a
	MS-93-14	۰/۲۶۰ abc	۱/۸۲ ef	۹/۰۹ d	۱۲/۱۱ ab	۵۹ ab	۱۳۶ cde
	MS-93-5	۰/۲۵۵ a-d	۱/۸۲ ef	۷/۳۲ d	۱۲/۱۷ ab	۵۸ ab	۱۴۰ bc
	MS-93-16	۰/۲۷۵ ab	۲/۶۸ bcd	۹/۹۴ cd	۱۳/۰۱ a	۵۷ ab	۱۳۴ efg
	سحر	۰/۲۶۵ abc	۱/۶۷ f	۶/۳۸ d	۱۲/۰۴ ab	۵۷ ab	۱۲۸ hi
	آینه	۰/۲۳۴ b-e	۱/۸۸ ef	۸/۲۰ d	۱۰/۹۷ bc	۵۷ ab	۱۲۹ ghi
	S-94-12	۰/۱۹۷ efg	۳/۱۶ ab	۱۶/۱۷ ab	۹/۴۱ cde	۵۶ b	۱۳۰ fgh
سال دوم (۱۳۹۸-۹۹)	سیستان	۰/۱۸۵ cd	۲/۸۷ ab	۱۵/۶۶ bc	۸/۹۴ de	۵۱ e	۱۳۲ abc
	نارین	۰/۱۹۳ cd	۲/۶۴ bc	۱۳/۷۶ cde	۹/۱۶ de	۵۲ d	۳۳ abcd
	مهرگان	۰/۱۸۲ cd	۳/۰۵ a	۱۶/۷۷ b	۸/۸۳ de	۵۶ a	۱۲۶ g
	برات	۰/۱۹۰ cd	۲/۸۹ ab	۱۵/۱۹ bc	۹/۶۸ cde	۵۴ b	۱۲۹/۶۶ bcdf
	سارنگ	۰/۱۶۱ d	۳/۱۱۹۲ a	۱۹/۲۱ a	۹/۰۱ de	۵۱ e	۱۲۸/۳۳ dfg
	شوش	۰/۲۱۳ bc	۲/۴۸ c	۱۱/۷۴ efg	۱۰/۴۱ cd	۵۲ d	۱۳۱/۶۶ abcd
	MS-90-15	۰/۱۹۵ cd	۲/۰۵ d	۱۰/۵۲ fgh	۹/۴۹ de	۵۲ d	۱۳۲/۶۶ ab
	MS-92-8	۰/۲۱۸ bc	۱/۶۳ f	۷/۵۸ ij	۱۰/۶۷ bcd	۵۴ b	۱۳۱/۶۶ abcd
	MS-93-6	۰/۲۳۷ ab	۲/۱۳ d	۹/۰۲ hij	۱۱/۴۴ abc	۵۳ c	۱۳۳/۳۳ a
	MS-93-14	۰/۲۶۱ a	۱/۸۶ def	۷/۱۸ ij	۱۲/۵۸ a	۵۶ a	۱۲۹ cdfg
	MS-93-5	۰/۲۵۸ a	۱/۷۲ ef	۶/۸۰ j	۱۲/۳۳ ab	۵۲ d	۱۳۳ ab
	MS-93-16	۰/۲۶۰ a	۲/۷۳ bc	۱۰/۶۱ fgh	۱۲/۵۸ a	۵۳ c	۱۳۲/۶۶ ab
	سحر	۰/۱۶۷ d	۲/۱۱ d	۱۲/۶۵ def	۸/۰۳ e	۵۲ d	۱۲۶/۶۶ fg
	آینه	۰/۲۰۷ bc	۱/۹۵ de	۹/۴۳ ghi	۱۰/۱۱ cd	۵۲ d	۱۲۱/۳۳ h
	S-94-12	۰/۱۹۶ cd	۲/۹۲ ab	۱۴/۸۹ bcd	۹/۵۳ de	۵۲ d	۱۲۷/۶۶ fg

***میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ یا ۵٪ ندارند.**

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۶- مقایسه میانگین محتوای کلر، نشت یونی (درصد)، محتوای نسبی آب برگ (درصد)، روز تا رسیدن به رسیدگی، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

ژنوتیپ	کلر	نشت یونی	محتوای نسبی آب برگ	رسیدگی	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله
سیستان	۱/۷۶ bc	۵۷/۷۸ de	۵۳/۹۹ ab	۱۶۵/۱۶bc	۴۶۴/۳۵cdef	۳۱/۹۹a
نارین	۱/۷۴ bc	۵۹/۹۵ cde	۴۹/۱۰ cd	۱۶۲/۸۳cde	۴۹۹/۸۵abcde	۲۸/۴۶bcd
مهرگان	۱/۶۲ bc	۵۵/۰۸ e	۵۵/۹۸ a	۱۵۲/۶۶i	۵۱۰/۶۱ab	۳۱/۱۸ab
برات	۱/۷۶ bc	۶۱/۱۶ b-e	۵۴/۷۰ab	۱۶۰/۶۶def	۵۰۵/۴۴abc	۳۱/۱۵ab
سارنگ	۱/۵۶ c	۵۴/۱۸ e	۵۴/۵۸ ab	۱۵۵/۱۶ghi	۵۱۸/۰۶a	۲۹/۵۹abc
شوش	۱/۶۲ bc	۶۶/۶۱ bcd	۴۷/۷۴ cd	۱۶۱/۳۳cdef	۴۹۸/۷۷abcde	۳۰/۹۵ab
MS-90-15	۱/۸۴ bc	۶۵/۱۱ bcd	۴۶/۵۸ de	۱۶۴/۸۳bcd	۴۴۸/۲۰f	۳۰/۳۴abc
MS-92-8	۲/۱۷ a	۷۰/۱۰ b	۴۱/۵۴ f	۱۷۲/۱۶a	۴۷۲/۵۵bcdef	۲۵/۷۹de
MS-93-6	۲/۲۲ a	۷۸/۳۸ a	۴۳/۰۲ ef	۱۷۵/۳۳a	۴۵۳/۶۱f	۲۷/۹۲cde
MS-93-14	۱/۸۱ bc	۷۹/۲۰ a	۴۰/۸۳ f	۱۶۴bcd	۴۸۳/۴۴abcdef	۳۰/۹۰abc
MS-93-5	۲/۱۸ a	۷۹/۰۸ a	۳۹/۹۵ f	۱۶۷/۶۶b	۴۶۳/۳۹cdef	۲۴/۹۴e
MS-93-16	۱/۸۸ b	۸۱/۳۶ a	۵۱/۶۴ bc	۱۶۴/۵۰bcd	۴۵۸/۱۱f	۲۹/۹۶abc
سحر	۱/۸۵ bc	۶۷/۰۳ bcd	۴۱/۱۶ f	۱۵۸/۳۳fgh	۴۶۶/۴۴bcdef	۳۰/۲۳abc
آینه	۱/۸۱ bc	۶۹/۱۸ bc	۴۱/۴۴ f	۱۵۵hi	۴۶۰/۳۳def	۳۰/۴۵abc
S-94-12	۱/۶۰ bc	۶۲/۰۵ b-e	۵۴/۹۲ ab	۱۵۹/۳۳efg	۴۶۴/۳۵cdef	۳۱/۷۷a

***میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ یا ۵٪ ندارند.**

کمتر سدیم و کلر ناشی از شوری است. گزارش شده است که تنظیم بیان ژن‌های دخیل در جذب پتاسیم باعث افزایش انتقال پتاسیم و کاهش انتقال سدیم به قسمت‌های مختلف گیاه مثل برگ می‌شود (Shen *et al.*, 2022). همچنین در برخی موارد کاهش نسبت سدیم به پتاسیم را می‌توان احتمالاً به افزایش فعالیت پمپ‌های H-ATPase غشای پلاسمایی ریشه مرتبط دانست (Dos Santos Sarah *et al.*, 2021). بنابراین ارقام و لاین‌هایی که پتاسیم بیشتر و سدیم کمتری جذب کنند در شرایط شور قادر به تولید عملکرد بیشتری خواهند بود. در بررسی حاضر ارقام مهرگان، سارنگ، سیستان، شوش و لاین S-94-12 دارای بیشترین مقدار جذب پتاسیم و کمترین مقدار جذب سدیم و کلر بودند، لذا این ژنوتیپ‌ها می‌توانند سازگاری مناسبی به شرایط شوری داشته باشند.

نشت یونی، مالون دی‌آلدهید و محتوای نسبی آب برگ:

نشت یونی، مالون دی‌آلدهید و محتوای نسبی آب برگ تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت، همچنین برهمکنش سال و ژنوتیپ روی صفت مالون دی‌آلدهید معنی‌دار بود (جدول ۴). ارقام مهرگان و سارنگ به ترتیب با میزان ۵۵/۰۸ و ۵۴/۱۸ درصد دارای کمترین میزان نشت یونی بودند (جدول ۶). همچنین ارقام سیستان، نارین، برات و لاین S-94-12 نسبت ارقام و ژنوتیپ‌های دیگر دارای نشت یونی کمتری بودند. از سوی دیگر بیشترین نشت یونی در لاین‌های MS-93-6، MS-93-14، MS-93-5 و MS-93-16 مشاهده شد (جدول ۶).

نتایج مشابهی برای میزان مالون دی‌آلدهید مشاهده شد، به‌طوری‌که در سال اول ارقام مهرگان و سارنگ دارای کمترین میزان مالون دی‌آلدهید بودند (جدول ۵). از سوی دیگر در سال دوم کمترین میزان مالون دی‌آلدهید در ارقام و لاین‌های سحر، مهرگان، سیستان، سارنگ، نارین، MS-90-15، S-94-12

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

و برات مشاهده شد (جدول ۵).

محتوای نسبی آب برگ در رقم مهرگان با میزان ۵۵/۹۸ درصد نسبت به ارقام نارین، شوش، سحر، آینه و لاین‌های MS-90-15، MS-92-8، MS-93-6، MS-93-14، MS-93-5 و MS-93-16 افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). همچنین ارقام و لاین‌های مهرگان (۵۵/۹۸ درصد)، لاین S-94-12 (۵۴/۹۲ درصد)، برات (۵۴/۷۰ درصد)، سارنگ (۵۴/۵۸ درصد) و سیستان (۵۳/۹۹ درصد) نسبت به ارقام و ژنوتیپ‌های دیگر محتوای نسبی آب برگ بیشتری نشان دادند.

بالابودن نشت غشای سلولی در شرایط تنش شوری به دلیل افزایش پراکسیداسیون لیپیدها با تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن صورت می‌گیرد (Ahmad *et al*., 2019). علاوه بر این، پاسخ ارقام مختلف برای تحمل به تنش نیز توسط محققان مورد بحث قرار گرفته است که می‌تواند برای توسعه ارقام متحمل به تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری مورد استفاده قرارگیرد (Mangal *et al*., 2023). در این پژوهش محتوای نسبی آب برگ و نشت یونی در ارقام مختلف تحت تأثیر قرار گرفت. بنابراین بالابودن نشت یونی و کاهش محتوای نسبی آب برگ در سطوح بالای تنش شوری مشاهده شد که با یافته‌های سایر محققان در گندم مطابقت دارد (Ilyas *et al*., 2020). تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری سبب تغییر پیوندهای هیدروژنی و دی‌سولفیدی در پروتئین‌ها و چربی‌ها شده و ساختار غشای سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در نتیجه ساختار غشا تخریب شده و باعث افزایش نشت یونی و غلظت مالون دی‌آلدهید می‌شود (Mushtaq *et al*., 2020). بنابراین ارقام و ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در شرایط تنش شوری ثبات بیشتری در صفات فیزیولوژیک داشته باشند تحمل بیشتری به تنش شوری خواهند داشت.

زمان روز تا رسیدن به پنجه‌زنی، ساقه‌روی، گلدهی و رسیدگی: نتایج تجزیه واریانس زمان روز تا رسیدن به پنجه‌زنی، ساقه‌روی، گلدهی و رسیدگی نشان داد که اثر ژنوتیپ بر رسیدن به پنجه‌زنی، گلدهی و رسیدگی معنی‌دار بود، همچنین برهمکنش سال و ژنوتیپ روی روز تا رسیدن به پنجه‌زنی و گلدهی معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس آزمون مقایسه میانگین، تعداد روز تا رسیدن به پنجه‌زنی در لاین MS-93-6 به‌طور معنی‌داری بیشتر از ارقام نارین، مهرگان، سارنگ و شوش و لاین S-94-12 بود (جدول ۵). همچنین تعداد روز تا رسیدن به پنجه‌زنی در بین سایر رقم‌ها و لاین‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین در سال دوم لاین MS-93-14 و رقم مهرگان بطور معنی‌دارای دارای بیشترین تعداد روز تا پنجه‌زنی و رقم سارنگ و سیستان دارای کمترین تعداد روز تا پنجه‌زنی بودند (جدول ۵).

در سال اول لاین MS-93-6 بیشترین تعداد روز تا گلدهی داشت. لاین‌های MS-92-8، MS-93-5 و رقم سیستان در مرتبه بعدی قرار داشتند. رقم مهرگان، سارنگ، سحر، آینه و لاین MS-90-15 دارای کمترین تعداد روز تا گلدهی بودند. تعداد روز تا گلدهی در سایر ژنوتیپ‌ها در حد متوسط بود (جدول ۵). در سال دوم لاین MS-96-6، MS-93-5، MS-93-16، رقم سیستان، شوش و لاین MS-92-8 بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر دارای بیشترین تعداد روز تا گلدهی بودند. رقم آینه به‌طور معنی‌داری کمترین تعداد روز تا رسیدن به گلدهی را داشت و رقم مهرگان، سحر و لاین S-94-12، رقم سارنگ و لاین MS-93-14 پس از آینه دارای کمترین تعداد روز تا گلدهی بودند (جدول ۵).

لاین‌های MS-93-6 و MS-92-8 با تفاوت معنی‌داری جز دیرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند، به‌طوری‌که نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بیشترین تعداد روز تا رسیدگی را داشتند. رقم مهرگان و آینه زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند و رقم سارنگ از نظر زودرسی در مرتبه بعدی پس از دو ژنوتیپ زودرس فوق بود. لاین S-94-12، ارقام برات و سحر پس از ارقام مهرگان، آینه و سارنگ در گروه زودرس قرار داشتند. سایر ژنوتیپ‌ها تعداد روز تا رسیدگی متوسط داشتند (جدول ۶). به عنوان یک فرضیه می‌توان عنوان کرد که زودرسی سبب فرار از شوری و کمتر در معرض شوری قرار گرفتن می‌شود و می‌تواند به‌عنوان یکی از عوامل مؤثر در تحمل لاین‌ها به شوری باشد. استفاده از ارقام زودرس و دارای عملکرد اقتصادی قابل قبول در شرایط

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

تنش شوری توسط محققان دیگر هم گزارش شده است (رجایی و همکاران، ۱۳۹۶). برطبق نتایج ما ژنوتیپ‌هایی که زودرسی بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند از تحمل بیشتری نسبت به تنش شوری برخوردار بودند. گزارش شده است که ارقام متحمل‌تر نسبت به ارقام حساس به‌دلیل کاهش طول دوره رشد خود کمتر تحت تأثیر اثرات منفی تنش شوری قرار می‌گیرند (Kanawapee *et al*., 2013). نتایج محققان تأیید می‌کند که تفاوت ژنتیکی ارقام و لاین‌های مختلف روشی مناسب برای ارائه تغییرات کمی و کیفی در شرایط تنش شوری است (Hu *et al*., 2021). در این مورد گزارش شده است که با انتخاب ژنوتیپ برتر می‌توان مقدار تجمع سدیم را کاهش داد و عملکرد دانه را افزایش داد (Pour-Aboughadareh *et al*., 2021). بنابراین ژرم‌پلاسم‌های متحمل به شوری فرصتی را برای توسعه گندم متحمل به شوری در آینده فراهم می‌کنند و ژن‌های مرتبط با کاهش تجمع سدیم ممکن است در تحمل و تنظیم اسمزی دخیل باشند (Genc *et al*., 2019).

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته نشان داد که اثر ژنوتیپ و برهمکنش سال و ژنوتیپ روی این صفت معنی‌دار بود (جدول ۷). در سال اول ارقام مهرگان و برات دارای بیشترین ارتفاع بودند. همچنین ارتفاع بوته لاین S-94-12 به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر ارقام‌ها و لاین‌ها بود. سایر رقم‌ها و لاین‌ها دارای ارتفاع بوته در حد متوسط بودند (جدول ۸). در سال دوم لاین MS-93-14، رقم نارین، شوش، سیستان، لاین MS-93-5 و MS-90-15 بدون اختلاف معنی‌دار با هم دارای بیشترین ارتفاع بودند. از سوی دیگر لاین S-94-12 و رقم مهرگان بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر کمترین ارتفاع بوته را داشتند. ارتفاع بوته سایر ژنوتیپ‌ها در حد متوسط بود (جدول ۸).

به‌طورکلی رشد از طریق تقسیم سلولی، توسعه و تمایز سلول‌ها صورت گرفته و مستلزم وقایع ژنتیکی، فیزیولوژیکی، اکولوژیکی، مرفولوژیکی و اثرات متقابل پیچیده بین آن‌هاست. تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری از طریق تأثیر روی عوامل مختلف سبب اختلال در رشدونمو گیاهان می‌گردد (Zhao *et al*., 2020). بنابراین غلظت‌های بالای نمک باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و رشد سلولی شده که در نتیجه از طریق کاهش فشار آماس سلولی سبب کاهش رشد می‌شود (عطارزاده و همکاران، ۱۳۹۶). هر چند که ارتفاع بوته از ویژگی‌های ژنتیکی هر ژنوتیپ است، اما به نظر می‌رسد که تحت شرایط شور، گیاه جهت مقابله با اثرات شوری مقدار زیادی از انرژی را که از اندام هوایی و برای رشد خود دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌نماید که این عمل باعث کاهش رشد اندام هوایی می‌گردد (Van Zelm *et al*., 2020). از سوی دیگر با افزایش غلظت نمک در محیط رشد، نوعی خشکی فیزیولوژیکی به گیاه تحمیل می‌شود که خود عامل اصلی در جلوگیری از ایجاد فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی و جلوگیری از رشد و تقسیم سلولی است که در نهایت موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌گردد (Zhang and Dai, 2019).

عملکرد دانه و اجزای عملکرد: نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و اجزای عملکرد نشان داد که اثر ژنوتیپ روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد معنی‌دار بود، همچنین برهمکنش سال و ژنوتیپ روی عملکرد دانه و وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). در سال اول ارقام مهرگان، سارنگ و لاین S-94-12 بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص دادند و جز ژنوتیپ‌های برتر و پرعملکرد در شرایط شور بودند. عملکرد دانه سیستان، نارین، برات و لاین MS-90-15 بعد از ژنوتیپ‌های فوق در مرتبه بعدی قرار داشت. لاین‌های MS-92-8 و MS-93-5 دارای کمترین عملکرد دانه و جز گروه کم بازده از نظر عملکرد دانه بودند. لاین MS-93-6 از نظر عملکرد دانه پایین در مرتبه بعدی قرار داشت. سایر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه جز گروه متوسط بودند (جدول ۸). در سال دوم ژنوتیپ‌های سارنگ، مهرگان، آینه، سحر و لاین S-94-12، بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر با تولید بیشترین عملکرد دانه جز گروه پرعملکرد در شرایط شور آزمایش بودند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های MS-93-5، MS-92-8 و MS-93-6 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارای کمترین عملکرد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب صفات ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	بوته ارتفاع	عملکرد دانه	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)
سال	۱	۱۱/۸۵^{ns}	۱۶۷۱۹۳۷/۴۱**	۲۰۲۶/۷۹ ^{ns}	۱۱/۳۲ ^{ns}	۹۳/۹۸**
بلوک در سال	۴	۶۹	۵۵۲۸۲۹/۲۱	۲۶۰۳/۲۲	۳۳/۱۳	۶/۴۰
ژنوتیپ	۱۴	۹۳/۹۲**	۳۸۶۶۹۵۴/۶۲**	۴۳۵۷/۲۲**	۲۶/۰۶**	۵۲/۵۳**
سال× ژنوتیپ	۱۴	۶۴/۴۹**	۶۲۸۹۲۶/۰۴**	۱۴۰۷/۲۰^{ns}	۱۱/۴۰^{ns}	۱۲/۱۷**
اشتباه آزمایشی	۵۶	۱۳/۶۰	۱۴۹۷۹۹/۲۸	۸۷۷/۰۱	۶/۱۷	۴/۰۴
ضریب تغییرات	-	۴/۳۵	۷/۶۴	۶/۲۵	۸/۳۶	۵/۴۳

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و اثر معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪ هستند.

دانه و جز گروه کم بازده با عملکرد پایین بودند. سایر ژنوتیپ‌ها در مقایسه با این دو گروه دارای عملکرد متوسط بودند (جدول ۸). در این بررسی ارقام و لاین‌های متحمل به شوری (سیستان، نارین، Ms-90-15، Ms-92-8، Ms-93-5، Ms-93-6، Ms-93-14 و Ms-93-16) عملکرد دانه کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های معرفی‌شده برای شرایط غیرشور (سارنگ، مهرگان، لاین S-94-12 و رقم برات) داشتند که می‌تواند به‌دلیل سازگاری کمتر آنها به شرایط و اقلیم گرم و خشک نسبت به اقلیم معرفی‌شده در آن (اقلیم معتدل) باشد. درحالی‌که ارقام اقلیم گرم در این آزمایش به‌دلیل سازگاری بیشتر به شرایط گرم و خشک جنوب پتانسیل عملکرد بیشتری در این آزمایش داشتند. این امر می‌تواند به‌دلیل مکانیسم‌های مشترک تحمل به تنش‌های غیرزنده (گرما و شوری) در گیاه باشد (Waqas *et al.*, 2019).

ارقام نارین، مهرگان، برات، سارنگ و شوش و لاین MS-93-14 بیشترین تعداد سنبله در متر مربع را تولید کردند. همچنین پس از این دو ژنوتیپ، رقم سحر و لاین MS-92-8 در سطح پایین‌تر توانستند تعداد سنبله در واحد سطح بیشتری داشته باشند. از سوی دیگر در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش لاین‌های MS-93-6، MS-90-15 و MS-93-16 دارای کمترین تعداد سنبله در واحد سطح بودند (جدول ۶).

بیشترین تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب مربوط به رقم سیستان بود که نسبت به رقم نارین و لاین‌های MS-92-8، MS-93-6، MS-93-5، اختلاف معنی‌داری نشان داد، هر چند که با ارقام دیگر تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). بنابراین کمترین تعداد دانه در سنبله متعلق به لاین‌های MS-92-8 و MS-93-5 بود و لاین MS-93-6 در مرتبه بعدی قرار داشت (جدول ۶).

در سال اول رقم‌های سارنگ و نارین با اندکی تفاوت با یکدیگر دارای بیشترین وزن هزار دانه بودند، وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های MS-93-5، MS-90-15، مهرگان، آینه و S-94-12 بدون تفاوت معنی‌دار با رقم‌های سارنگ و نارین در مرتبه بعدی قرار داشتند. رقم شوش دارای کمترین وزن هزار دانه بود. وزن هزار دانه لاین‌های MS-93-6، MS-93-14 و MS-92-8 بدون تفاوت معنی‌دار در مرتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۸). در سال دوم سارنگ و نارین دارای بیشترین وزن هزار دانه بودند که از لحاظ آماری با بقیه ارقام و لاین‌ها تفاوت معنی‌داری نشان دادند (جدول ۸).

تفاوت ژنتیکی و دوره رشد ارقام مختلف در شرایط نامساعد محیطی باعث تغییر در جذب عناصر غذایی و صفات فیزیولوژیکی می‌شود که قابلیت تأثیرگذاری بر رشد گیاه و عملکرد دانه را دارد (Iqbal *et al.*, 2020). گزارش شده است که ارزیابی عملکرد به همراه ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط تنش شوری در تسهیل انتخاب ژنوتیپ برتر نقش مهمی دارد (Elfanah *et al.*, 2023). در شرایط تنش شوری در غلات، بخش قابل توجهی از کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۸- مقایسه میانگین برهمکنش سال و ژنوتیپ روی ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)و وزن هزار دانه (گرم)

سال	ژنوتیپ	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	وزن هزار دانه
سال اول (۱۳۹۷-۹۸)	سیستان	۸۷^{ab}	۵۸۰۳^{abc}	۳۸^{cde}
	نارین	۸۷^{ab}	۵۳۴۳^{abcde}	۴۲^{ab}
	مهرگان	۸۹^{a}	۶۲۰۴ ^{a}	۴۰^{abc}
	برات	۸۹^{a}	۵۶۸۸^{abcd}	۳۹^{bcd}
	سارنگ	۸۵^{abc}	۶۲۵۷ ^{a}	۴۳ ^{a}
	شوش	۸۶^{abc}	۵۲۰۴^{bcdef}	۳۳ ^{f}
	MS-90-15	۸۵^{abc}	۵۳۷۰^{abcde}	۴۰^{abc}
	MS-92-8	۸۶^{abc}	۴۲۵۴^{fg}	۳۶^{def}
	MS-93-6	۸۲^{bc}	۳۸۴۲ ^{g}	۳۵^{ef}
	MS-93-14	۸۵^{abc}	۴۶۲۲^{efg}	۳۵^{ef}
	MS-93-5	۸۲^{bc}	۴۸۳۰^{def}	۴۱^{abc}
	MS-93-16	۸۶^{abc}	۴۷۳۷^{defg}	۳۳ ^{f}
	سحر	۸۶^{abc}	۴۸۰۶^{def}	۳۸^{bcde}
	آینه	۸۲^{bc}	۴۸۴۸^{cdef}	۴۰^{abc}
	S-94-12	۸۰^{c}	۶۱۴۲ ^{a}	۳۹^{bcd}
سال دوم (۱۳۹۸-۹۹)	سیستان	۹۱^{ab}	۵۰۳۰^{cd}	۳۵/۴۰^{cdef}
	نارین	۹۱/۳۳^{ab}	۵۰۹۵^{c}	۳۹/۶۶^{ab}
	مهرگان	۷۷/۳۳^{fg}	۶۰۲۷/۷^{a}	۳۸/۳۳^{bc}
	برات	۸۲/۳۳^{cdef}	۵۵۰۸/۷^{b}	۳۷/۳۳^{bcd}
	سارنگ	۸۰^{def}	۶۰۰۱^{a}	۴۲/۶۰^{a}
	شوش	۹۱/۳۳^{ab}	۵۰۸۶/۷^{c}	۳۳/۹۳^{efgh}
	MS-90-15	۸۸/۳۳^{abc}	۴۶۸۸/۷^{d}	۳۶/۶۶^{bcde}
	MS-92-8	۸۶/۶۶^{bcde}	۳۲۴۵^{f}	۳۰^{i}
	MS-93-6	۸۷/۳۳^{bcd}	۳۴۰۲/۷^{d}	۳۱/۹۳^{ghi}
	MS-93-14	۹۵^{a}	۴۸۴۹^{cd}	۳۴/۸۰^{defg}
	MS-93-5	۸۹^{abc}	۳۳۸۶^{f}	۳۱/۳۳^{hi}
	MS-93-16	۸۰/۶۶^{def}	۴۰۴۷^{e}	۳۳^{gghi}
	سحر	۷۹/۶۶^{ef}	۵۸۷۴^{a}	۳۹/۱۳^{b}
	آینه	۷۸^{f}	۵۶۹۰/۳^{ab}	۳۷/۳۳^{bcd}
	S-94-12	۷۰/۶۶^{g}	۵۹۲۸^{a}	۳۸/۴۰^{bc}

***میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ یا ۵٪ ندارند.**

عملکرد دانه به‌دلیل کاهش وزن هزار دانه بوده است و به‌دنبال آن تعداد دانه در سنبله و ارتفاع بوته به‌طور پیوسته در شرایط تنش شوری کاهش یافته است (Mansour *et al.*, 2021). محققان عنوان کردند که زمان لازم برای پرشدن دانه همبستگی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

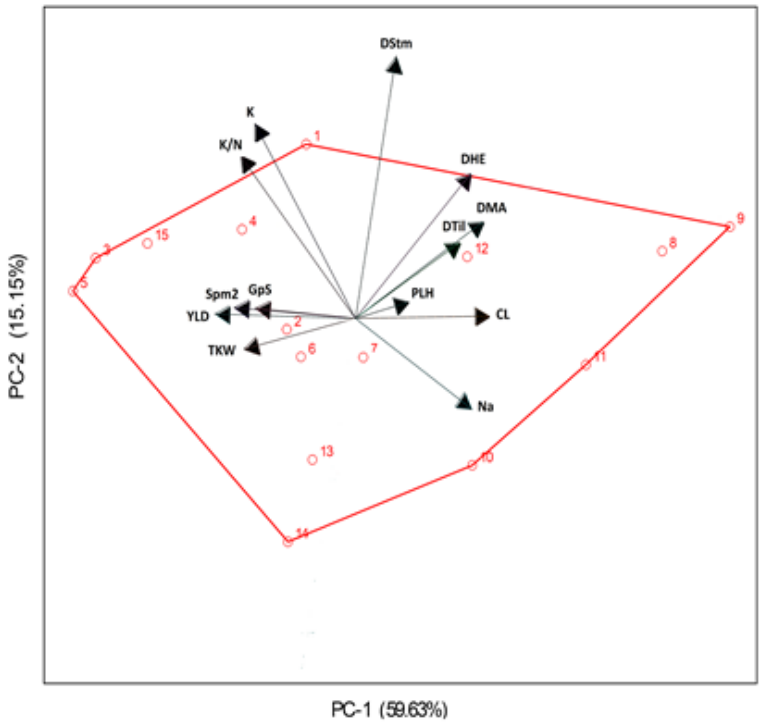
مثبت و معنی‌داری را با نسبت پتاسیم به سدیم نشان داد. احتمالاً بالا بودن این نسبت شرایط متابولیکی مناسبی را برای پرشدن دانه و افزایش مدت آن ایجاد می‌کند (کامیاب و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین ژنوتیپ‌هایی که از عملکرد و اجزای عملکرد متعادل‌تر برخوردار باشند به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به شوری برای کاشت در اقلیم گرم و خشک جنوب توصیه می‌شوند (رجایی و همکاران، ۱۳۹۶).

تجزیه بای‌پلات: به‌منظور بررسی هم‌زمان روابط متقابل کلیه صفات مورد بررسی و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات استفاده گردید. مؤلفه اصلی اول و مؤلفه اصلی دوم به‌ترتیب ۵۹/۶ و ۱۵/۱ درصد و در مجموع ۷۴/۷ درصد از کل تنوع داده‌های استانداردشده را توجیه کردند (شکل ۱). ترسیم نمودار بای‌پلات علاوه بر اینکه ژنوتیپ‌های با بیشترین مقدار صفت را مشخص می‌کند امکان تشخیص الگوها و روابط بین صفات ژنوتیپ‌ها را نیز فراهم می‌کند (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷). این روش یک ابزار بسیار قوی برای کاوش در داده‌های چندمتغیره و نمایش گرافیکی داده‌ها و روابط ژنوتیپ × صفت است (Yan and Kang, 2002). بر اساس نمودار بای‌پلات (شکل ۱) ارقام سیستان، مهرگان، سارنگ و آینه و لاین‌های MS-93-6، MS-93-5 و MS-93-14 در رئوس چندضلعی قرار گرفتند و با بیشترین فاصله از مبدأ نمودار بای‌پلات دارای بالاترین مقادیر برای تعدادی از صفات بودند. رقم سیستان دارای بالاترین مقادیر عناصر پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم بود. بر اساس این نمودار، بالاترین مقدار عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد سنبله بارور در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) مربوط به ارقام مهرگان و سارنگ بود. در گزارشات متعدد با استفاده از روش بای‌پلات انتخاب ارقام بر مبنای ارتباط صفات و ژنوتیپ‌ها استفاده شده است و این روش به‌عنوان روشی مؤثر در ارزیابی ارقام بر مبنای داده‌های چند متغیره در یک گراف ساده و قابل تفسیر معرفی شده است (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷؛ Sabaghnia *et al*., 2008; Yan and Kang, 2002).

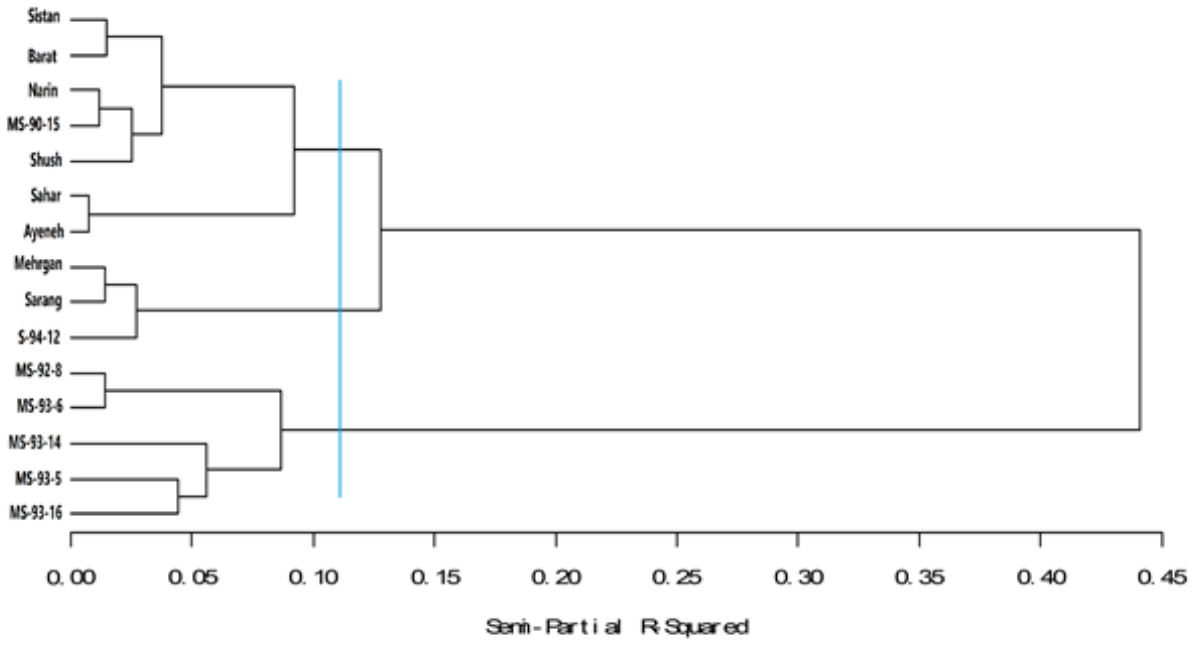
همچنین در این روش ترسیم‌برداری برای نمایش ارتباط بین صفات استفاده می‌شود. کسینوس زاویه بین بردارهای دو صفت ضریب نشان‌دهنده میزان همبستگی بین آن‌ها است. در شکل بای‌پلات زاویه منفرجه بین بردارها بیانگر همبستگی منفی صفات، زاویه قائمه نشانه مستقل بودن دو صفت و زاویه حاده بیانگر همبستگی مثبت آن‌ها است (Yan and Kang, 2002). طول بردارها نیز میزان تنوع صفات در ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد به‌طوری‌که هر چه طول بردار یک صفت بیشتر باشد نشان‌دهنده تنوع بیشتر صفت در ژنوتیپ‌ها است. با توجه به زوایای بین شاخص‌ها (شکل ۱)، می‌توان استنباط کرد که صفات تعداد سنبله بارور در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه و همچنین غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه گندم در شرایط تنش شوری داشتند. بنابراین ارزیابی این صفات کارایی تصمیم‌گیری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری را افزایش می‌دهد. صفات روز تا پنجه‌زنی، روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته و همچنین غلظت کلر و سدیم همبستگی منفی و معنی‌دار با عملکرد دانه گندم در شرایط تنش شوری داشتند. روز تا ساقه‌دهی کمترین ارتباط را با عملکرد دانه داشت. قلی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از تجزیه بای‌پلات نتایج مشابهی را برای گندم در شرایط شوری گزارش کرده‌اند.

تجزیه خوشه‌ای: گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای تمام صفات مورد بررسی و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward انجام شد. ارقام و لاین‌های مورد بررسی در سه گروه قرار گرفتند (شکل ۲). ژنوتیپ‌های سیستان، برات، نارین، شوش و MS-90-15 در کلاستر اول قرار گرفتند که این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد و اجزای عملکرد متوسط بودند که بیشترین غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم نیز در دو رقم سیستان و برات ثبت گردید. خوشه دوم شامل دو رقم سارنگ، مهرگان و لاین S-94-12 بود که دارای بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بودند. سایر ژنوتیپ‌ها که دارای

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]



شکل ۱- نمایش چندضلعی ژنوتیپ‌های گندم و نمایش برداری صفات در نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس تمامی صفات با داده‌های استاندارد شده در ۱۵ لاین و رقم گندم نان به روش Ward

خصوصیاتی از جمله دیررسی و غلظت سدیم و کلر بالاتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند در گروه سوم قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری

تنش شوری می‌تواند سبب ایجاد اختلال در جذب عناصر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

غذایی، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه شود. از سوی دیگر، ارزیابی ارقام تجاری و لاین‌های امیدبخش گندم برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به شوری با عملکرد بیشتر در راستای افزایش تولید توصیه می‌شود. از نظر دوره رسیدگی، ارقام سارنگ، مهرگان و آینه جز زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند، رقم برات و شوش نسبتاً زودرس و رقم سیستان دیررس بود. زودرسی این ژنوتیپ‌ها نسبت به سایر ارقام و لاین‌های مورد بررسی سبب مصرف آب کمتر و مزیت نسبی بیشتر این ژنوتیپ‌ها در شرایط شور و خشک منطقه می‌شود. با مد نظر قرار دادن همه خصوصیات زراعی، ارقام سارنگ، مهرگان، لاین S-94-12 و رقم برات به‌دلیل داشتن عملکرد دانه و اجزای عملکرد بالا، زودرسی و پایداری صفات در هر دو سال زراعی، برای کاشت در شرایط خاک‌های شور و نیمه‌شور در مناطق با اقلیم گرم و خشک قابل توصیه هستند. تجزیه بای‌پلات و همچنین گروه‌بندی با روش تجزیه خوشه‌ای نیز مؤید این موضوع بود. در این بررسی ارقام و لاین‌های متحمل به شوری عملکرد دانه کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های معرفی‌شده برای شرایط غیرشور داشتند که می‌تواند به‌دلیل سازگاری کمتر آنها به شرایط و اقلیم گرم و خشک نسبت به اقلیم معرفی‌شده در آن (اقلیم معتدل) باشد.

منابع

رجایی، مجید، طهماسبی، سیروس، و عطارزاده، محمود (۱۳۹۶). بررسی عملکرد و شاخص‌های تحمل به شوری در لاین‌های پرمحصول جو تحت شرایط شور. *مجله تحقیقات غلات*، ۱(۱)، ۱۵۳-۱۴۳. DOR: 10.22124/c.2017.2434

رنجبر، غلامحسین، و بناکار، محمد حسین (۱۳۸۹). آستانه تحمل به شوری چهار رقم تجاری گندم. *مجله پژوهش‌های خاک*، ۲۴(۳)، ۲۴۲-۲۳۷. DOR: 10.22092/ijsr.2011.126637

عطارزاده، محمود، موحدی دهنوی، محسن، و غفاریان هدش، محمدرضا (۱۳۹۶). مقایسه اثر تنش شوری و کم آبی بر رشد و محتوای سدیم و پتاسیم گندم نان (*Triticum aestivum* L.). *مجله تحقیقات غلات*، ۶(۴)، ۴۷۶-۴۶۵. DOR: 20.1001.1.22520163.1395.6.4.5.9

قلی‌زاده، امیر، دهقانی، حمید، امینی، اشکبوس، و اکبرپور، امید (۱۳۹۷). بررسی رابطه‌های متقابل میان صفات در نژادگان‌های گندم با استفاده از روش نمودار دو وجهی. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۹(۳)، ۱۳۶-۱۲۱. DOR: 10.22059/ijfcs.2017.224744.654246

کامیاب، شبنم، خلیل عالمی، سعید، اصلاحی، محمدرضا، و مرادی، محمد (۱۳۹۹). بررسی اثر شوری بر عملکرد دانه، غلظت سدیم و پتاسیم ۱۸ ژنوتیپ گندم نان در مرحله پرشدن دانه. *مجله علوم به زراعی گیاهی*، ۱۰(۲)، ۲۷-۱۶. DOR: 10.2./jpps.2020.682337

Ahmad, R., Hussain, S., Anjum, M. A., Khalid, M. F., Saqib, M., Zakir, I., Hassan, A., Fahad, S., & Ahmad, S. (2019). Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms in plants under salt stress. Plant Abiotic Stress Tolerance: Agronomic, Molecular and Biotechnological Approaches, 191-205. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06118-0_8

Allison, L. E. & Moodie, C. D. (1965). Carbonate. In: Methods of Soil Analysis. (eds. Black, C. A. et al.) Pp. 1379-1396. WI: American Society of Agronomy, Madison.

Banuls, J. & Primo-Millo, E. (1995). Effects of salinity on some citrus scion-combinations. *Annal of Botany*, *76*, 97-102. https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1083

Bouyoucos, C. J. (1962). Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. *Agronomy Journal*, *54*, 406-465. https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x

Chapman, H. D. (1965). Cation exchange capacity. In: Methods of Soil Analysis. (eds. Black, C. A., et al.) Pp. 1379-1396. WI: American Society of Agronomy, Madison. https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c6

Desoky, E. S. M., Saad, A. M., El-Saadony, M. T., Merwad, A. R. M., & Rady, M. M. (2020). Plant growth-promoting rhizobacteria: Potential improvement in antioxidant defense system and suppression of oxidative stress for alleviating salinity stress in *Triticum aestivum* (L.) plants. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *30*, 101878. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101878

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

Dos Santos Sarah, M. M., de Mello Prado, R., de Souza Junior, J. P., Teixeira, G. C. M., dos Santos Duarte, J. C. & de Medeiros, R. L. S. (2021). Silicon supplied via foliar application and root to attenuate potassium deficiency in common bean plants. *Scientific Reports, 11*, 19690. https://doi.org/10.1038/s41598-021-99194-z

Elfanah, A. M., Darwish, M. A., Selim, A. I., Shabana, M. M., Elmoselhy, O. M., Khedr, R. A., Ali, A. M., & Abdelhamid, M. T. (2023). Spectral reflectance indices' performance to identify seawater salinity tolerance in bread wheat genotypes using genotype by yield trait biplot approach. *Agronomy, 13*, 353. https://doi.org/10.3390/agronomy13020353

Farhangian-Kashani, S., Azadi, A., Khaghani, S., Changizi, M., & Gomarian, M. (2021). Association analysis and evaluation of genetic diversity in wheat genotypes using SSR markers. *Biologia Futura, 72*, 441-452. https://doi.org/10.1007/s42977-021-00088-y

Genc, Y., Taylor, J., Lyons, G., Li, Y., Cheong, J., Appelbee, M., Oldach, K., & Sutton, T. (2019). Bread wheat with high salinity and sodicity tolerance. *Frontiers in Plant Science, 10*, 1280. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01280

Hayat, K., Bundschuh, J., Jan, F., Menhas, S., Hayat, S., Haq, F., Shah, M. A., Chaudhary, H. J., Ullah, A., & Zhang, D. (2020). Combating soil salinity with combining saline agriculture and phytomanagement with salt-accumulating plants. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 50*, 1085-1115. https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1646087

Heath, R. L. & Packer, L. (1968). Photo peroxidation in isolated chloroplast kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Biochemistry and Biophysics, 125*, 189-198. https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1

Houshmand, S., Arzani, A., Maibody, S. A., & Feizi, M. (2005). Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. *Field Crop Research, 91*, 345-354. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.08.004

Hu, P., Zheng, Q., Luo, Q., Teng, W., Li, H., Li, B., & Li, Z. (2021). Genome-wide association study of yield and related traits in common wheat under salt-stress conditions. *BMC Plant Biology, 21*, 1-20. https://doi.org/10.1186/s12870-020-02799-1

Hunt, J. R. (2017). Winter wheat cultivars in Australian farming systems: A review. *Crop and Pasture Science, 68*, 501-515. https://doi.org/10.1071/CP17173

Igrejas, G. & Branlard, G. (2020). The Importance of Wheat. Wheat Quality for Improving Processing and Human Health. Springer.

Ilyas, N., Mazhar, R., Yasmin, H., Khan, W., Iqbal, S., Enshasy, H. E., & Dailin, D. J. (2020). Rhizobacteria isolated from saline soil induce systemic tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) against salinity stress. *Agronomy, 10*, 989. https://doi.org/10.3390/agronomy10070989

Iqbal, S., Hussain, S., Qayyaum, M. A., & Ashraf, M. (2020). The response of maize physiology under salinity stress and its coping strategies. *Plant Stress Physiology*, 1-25.

Jackson, M. L. (1958). Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Johnson, R. & Puthur, J. T. (2021). Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry, 162*, 247-257. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034

Kanawapee, N., Sanitchon, J., Srihaban, P., & Theerakulpisut, P. (2013). Physiological changes during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salt tolerance under saline field condition. *Plant and Soil, 370*, 89-101. https://doi.org/10.1007/s11104-013-1620-5

Kordrostami, M. & Rabiei, B. (2019). Salinity stress tolerance in plants: Physiological, molecular, and biotechnological approaches. Plant abiotic stress tolerance. *Springer*, 101-127. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06118-0_4

Lindsay, W. L. & Nortvell, W. A. (1987). Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of American Journal, 42*, 421-428. https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x

Mangal, V., Lal, M. K., Tiwari, R. K., Altaf, M. A., Sood, S., Kumar, D., Bharadwaj, V., Singh, B., Singh, R. K., & Aftab, T. (2023). Molecular insights into the role of reactive oxygen, nitrogen and sulphur species in conferring salinity stress tolerance in plants. *Journal of Plant Growth Regulation, 42*, 554-574. https://doi.org/10.1007/s00344-022-10591-8

Mansour, E., Moustafa, E. S., Abdul-Hamid, M. I., Ash-shormillesy, S. M., Merwad, A. R. M., Wafa, H. A., & Igartua, E. (2021). Field responses of barley genotypes across a salinity gradient in an arid Mediterranean environment. *Agricultural Water Management, 258*, 107206. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107206

Miransari, M. & Smith, D. (2019). Sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production in saline fields: A review. *Critical Reviews in Biotechnology, 39*, 999-1014. https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1654973

Mushtaq, Z., Faizan, S., & Gulzar, B. (2020). Salt stress, its impacts on plants and the strategies plants are employing against it: A review. *Journal of Applied Biology and Biotechnology, 8*, 81-91. https://doi.org/10.7324/JABB.2020.80315

Naeem, M., Iqbal, M., Shakeel, A., Ul-Allah, S., Hussain, M., Rehman, A., Zafar, Z. U., Athar, H. U. R., & Ashraf, M. (2020). Genetic basis of ion exclusion in salinity stressed wheat: Implications in improving crop yield. *Plant Growth*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

Regulation, *92*, 479-496. https://doi.org/10.1007/s10725-020-00659-4

Ndiate, N. I., Saeed, Q., Haider, F. U., Liqun, C., Nkoh, J. N., & Mustafa, A. (2021). Co-application of biochar and arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance, growth and lipid metabolism of maize (*Zea mays* L.) in an alkaline soil. *Plants*, *10*, 2490. https://doi.org/10.3390/plants10112490

Padhy, A. K., Kaur, P., Singh, S., Kashyap, L., & Sharma, A. (2022). Colored wheat and derived products: Key to global nutritional security. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-17. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2119366

Patterson, B., Macrae, E., & Ferguson, I. (1984). Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). *Annual Biochemical*, *139*, 487-492. https://doi.org/10.1016/0003-2697(84)90039-3

Pour-Aboughadareh, A., Mehrvar, M. R., Sanjani, S., Amini, A., Nikkhah-Chamanabad, H., & Asadi, A. (2021). Effects of salinity stress on seedling biomass, physiochemical properties, and grain yield in different breeding wheat genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, *43*, 1-14. https://doi.org/10.1007/s11738-021-03265-7

Ramadas, S., Kumar, T., & Singh, G. P. (2020). Wheat production in India: Trends and prospects. Recent advances in grain crops research.

Sabaghnia, N., Dehghani, H., & Sabaghpour, S. H. (2008). Graphic analysis of genotype byenvironment interaction for lentil yield in Iran. *Agronomy Journal*, *100*, 760-764. https://doi.org/10.2134/agronj2006.0282

Sairam, R. K., Dharmar, K., Chinnusamy, V., & Meena, R. C. (2009). Water logging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mug bean (*Vigna radiata*). *Journal of Plant Physiology*, *6*, 602-616. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.09.005

Shen, Z., Pu, X., Wang, S., Dong, X., Cheng, X., & Cheng, M. (2022). Silicon improves ion homeostasis and growth of liquorice under salt stress by reducing plant Na^+ uptake. *Scientific Reports*, *12*, 5089. https://doi.org/10.1038/s41598-022-09061-8

Singh, A. (2022). Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use and Management*, *38*, 39-67. https://doi.org/10.1111/sum.12772

U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. DC. USDA Handbook No. 60. Washington.

Van Zelm, E., Zhang, Y., & Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology 71*, 403-433.

Waqas, M. A., Kaya, C., Riaz, A., Farooq, M., Nawaz, I., Wilkes, A., & Li, Y. (2019). Potential mechanisms of abiotic stress tolerance in crop plants induced by thiourea. *Frontiers in Plant Science*, *29*, 10-36. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01336

Watanabe, F. S., & Olsen, S. R. (1965). Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous in water and $NaHCO_3$ extract from soil. *Soil Science Society of America Journal*, *29*(6), 677-678. https://doi.org/10.2136/sssaj1965.03615995002900060025x

Weatherely, P. E. (1950). Studies in water relation on cotton plants, the field measurement of water deficit in leaves. *New Phytologist*, *49*, 81-87.

Wu, H., Zhang, X., Giraldo, J. P., & Shabala, S. (2018). It is not all about sodium: Revealing tissue specificity and signalling roles of potassium in plant responses to salt stress. *Plant and Soil*, *431*, 1-17. https://doi.org/10.1007/s11104-018-3770-y

Yadav, S. P., Bharadwaj, R., Nayak, H., Mahto, R., Singh, R. K., & Prasad, S. K. (2019). Impact of salt stress on growth, productivity and physicochemical properties of plants: A Review. *International Journal of Chemical Studies*, *7*, 1793-1798.

Yan, W. & Kang, M. S. (2002). GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. 1st ed. CRC Press.

Zhang, Q. & Dai, W. (2019). Plant Response to Salinity Stress. Stress Physiology of Woody Plants. CRC Press.

Zhao, C., Zhang, H., Song, C., Zhu, J. K., & Shabala, S. (2020). Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. *The innovation*, *1*, 100017. https://doi.org/10.1016/j.xinn.2020.100017

Zorb, C., Geilfus, C. M., & Dietz, K. J. (2019). Salinity and crop yield. *Plant Biology*, *21*, 31-38. https://doi.org/10.1111/plb.12884

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]

Evaluation of physiological indices and yield in promising cultivars and lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) under field saline condition

Majid Rajaie [1*], Sirous Tahmasabi [2], Manoochehr Dastfal[2]

[1] Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
[2] Seed and Plant Improvement Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
(Received: 2023/10/12, Accepted: 2023/12/25)

Abstract

Due to the expansion of saline soils in recent years, identification of promising wheat genotypes with acceptable yield in saline condition is of particular importance. The present research was carried out in a randomized complete block design with three replications, in saline soil and water condition of Zarindasht region of Fars province during the growing seasons of 2017-2018 and 2018-2019. Experimental treatments were 15 wheat cultivars and lines including Sistan, Narin, Brat, Sarang, Mehrgan, Shoosh, Sahar, Aineh, Ms-90-15, Ms-92-8, Ms-93-5, Ms-93-6, Ms-93-14, Ms-93-16 and S-94-12. The results showed that the lowest sodium content, ion leakage and malondialdehyde of leaves was observed in Mehrgan and Sarang cultivars. Also, in the first and second year the potassium content and relative water content of leaves showed a significant increase in Sistan, Mehrgan, Brat, Sarang and S-94-12 compared to other genotypes. The highest number of days to maturity with a significant difference compared to other genotypes was observed in MS-93-6 and MS-92-8 lines. On the other hand, Mehrgan and Aineh cultivars were the earliest genotypes. Based on the results of the two-year test, four genotypes of Sarang, Mehrgan, S-94-12 and Brat had the highest yield, suitable earliness and proper yield components. In biplot analysis, these genotypes had the highest amount of grain yield and yield components. Based on the cluster analysis which was done by considering all traits, the genotypes were divided into three separate groups and Mehrgan, Sarang and S-94-12 genotypes were categorized in one group. These genotypes are recommended as salinity tolerant genotypes for planting in the study area.

Keywords: Tolerance to salinity, Grain yield, Wheat genotypes, Spike number

Corresponding author, Email: rajaie.majid@yahoo.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-11]