نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال دوازدهم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۱/مقاله علمی-پژوهشی: صفحه ۳۵ تا ۴۷

اثر تنش شوری بر عملکرد و کیفیت دانه لاین‌های گندم (*Triticum aestivum* L.)

سعید عمرانی[۱]، احمد ارزانی[۱*]، محسن اسماعیل زاده مقدم[۲]، توحید نجفی میرک[۲] و مهرداد محلوجی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۱)

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر تنش شوری بر صفات مرتبط با کیفیت دانه گندم، آزمایشی با ۱۸۰ لاین F5، در دو شرایط تنش شوری (۱۳ دسی زیمنس بر متر) و شرایط معمول (بدون تنش شوری) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به صورت دو طرح مجزا در دو شرایط محیطی عادی و تنش شوری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان اصفهان انجام شد. عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه، رطوبت دانه، سختی دانه، زلنی، درصد پروتئین، حجم نان، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن از جمله صفات اندازه‌گیری شده بودند. نتایج تجزیه واریانس صفات در دو شرایط محیطی، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین لاین‌های مورد بررسی برای کلیه صفات بود. ضمن اینکه مقایسه میانگین لاین‌ها نشان داد که صفات کیفی گندم نان تحت شرایط تنش شوری به دلیل افزایش میزان پروتئین و سختی دانه بهبود یافته است. عملکرد پروتئین دانه در هر دو رژیم رطوبتی همبستگی منفی و معنی‌داری با رطوبت دانه و حجم نان داشت. از طرف دیگر، سختی دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با رسوب زلنی و میزان جذب آب در هر دو شرایط محیطی نشان داد. اگرچه شوری سبب شد تا شاخص‌های کمی رشد نظیر عملکرد دانه کاهش یابد اما در مقابل با تأثیر بر کیفیت و کمیت پروتئین دانه موجب افزایش مقدار پروتئین و عدد زلنی شد. نتایج این آزمایش نشان داد که شناسایی لاین‌های با صفات کیفی مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی در راستای بهبود کیفیت نانوایی در دو شرایط عادی و تنش شوری امکان پذیر است. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی، تنش شوری از طرفی با کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش اندازه دانه و از طرف دیگر با بهبود کمیت (محتوای گلوتن) و تقویت کیفیت (عدد زلنی) گلوتن موجب افزایش محتوا و کیفیت پروتئین و در نتیجه افزایش کیفیت نانوایی شده است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت نانوایی، رسوب زلنی، عملکرد پروتئین دانه، سختی دانه

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲. استاد، بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a_arzani@iut.ac.ir

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به‌عنوان مهم‌ترین گیاه زراعی با تولیدی بیش از ۷۰۰ میلیون تن تأمین‌کننده ۲۰ درصد پروتئین روزانه و کالری ۴/۵ میلیارد نفر در سطح دنیا است (۳). در ایران حدود ۳۰ درصد از اراضی، زیرکشت گندم است که تقریباً ۳۵ درصد آن، با مساحتی حدود دو میلیون هکتار را گندم آبی و حدود ۶۵ درصد آن، با مساحتی حدود چهار میلیون هکتار را گندم دیم تشکیل می‌دهد (۱۳). مصرف دانه گندم عمدتا به صورت نان است که به لحاظ ساختار منحصر بفرد پروتئین آندوسپرم دانه تحت عنوان گلوتن است که مطلوب‌ترین نان را از نظر طعم، مزه، تخلل‌دار، عدم بیاتی و کاهش ضایعات تولید می‌کند (۱). از آنجایی که رابطه معکوس بین عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه وجود دارد، از این رو، تولید محصول با کیفیت بالا چالشی بزرگ برای تولید کنندگان و به‌نژادگران گندم نان است (۲۳).

اگرچه ترکیب پروتئین دانه در درجه اول به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد، اما به لحاظ ماهیت ژنتیک کمی آن تحت تأثیر عوامل محیطی و آثار متقابل ژنوتیپ با محیط قرار دارد. شوری از جمله عوامل محیطی است که بیشترین تأثیر را بر محتوای پروتئین دانه در غلات می‌گذارد. سالانه دو میلیون هکتار (حدود یک درصد) از زمین‌های کشاورزی جهان در اثر شوری حاصل از آبیاری و یا شوری ثانویه ناشی از فعالیت‌های بشر از چرخه تولید خارج می‌شوند که یا فاقد کارایی برای تولید محصول می‌شوند و یا تولید محصول در آنها کاهش می‌یابد (۱۹). طبق آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، حدود ۸۳۰ میلیون هکتار از خاک‌های جهان شور هستند و از مجموع ۲۳۰ میلیون هکتار اراضی کشاورزی آبی و ۱۵۰۰ میلیون هکتار اراضی دیم، به ترتیب ۴۵ میلیون و ۳۲ میلیون هکتار تحت تأثیر درجاتی از شوری قرار دارند (۱۲). در ایران بر اساس گزارشات اخیر، ۳۴ میلیون هکتار یا تقریبا ۲۰ درصد از سطح زمین تحت تأثیر شوری قرار دارد که حدود ۲۵/۵ میلیون هکتار دارای شوری اندک تا متوسط و ۸/۵ میلیون هکتار از اراضی تحت شوری شدید قرار دارند (۶). خاک زمانی به‌عنوان "شور" طبقه‌بندی می‌شود که هدایت الکتریکی عصاره اشباع آن (EC_e) بیشتر از چهار دسی زیمنس بر متر (معادل حدود ۴۰ میلی مولار) نمک کلرید سدیم و فشار اسمزی حدود ۲- مگاپاسکال باشد (۲۲). تنش شوری موجب ایجاد تنش اسمزی می‌شود، بدین ترتیب که در شوری‌های ملایم کوتاه مدت و یا شوری اندک فاز تنش اسمزی غالب است که ناشی از غلظت بالای یون‌های موجود در محلول خاک (خارج از ریشه) که موجب پائین آوردن پتانسیل آب خاک می‌شود و در نتیجه جذب آب توسط گیاه را دشوار می‌سازد. درحالی‌که در تنش شوری شدید و یا ملایم طولانی مدت، به لحاظ تجمع یون‌های سمی (سدیم و کلر) تنش سمیت یونی غالب است، که موجب صدمه به متابولیت‌های سلولی از جمله پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، DNA و RNA و همینطور غشاء پلاسمائی سلول می‌شود (۲).

گزارش مروری اخیر الصباغ و همکاران (۹) نشان داد که در شرایط شوری، مقدار پروتئین دانه افزایش می‌یابد، اما کیفیت پروتئین در گندم و تریتیکاله کاهش می‌یابد. همچنین طبق گزارش ایشان میزان تغییرات در کیفیت دانه ناشی از شوری به شدت تنش بستگی دارد. ژنگ و همکاران (۲۸) تحت تنش شوری مشاهده کردند که محتوای پروتئین دانه و نشاسته گندم کاهش چشمگیری پیدا کرد. همچنین انحراف در نسبت‌های گلوتنین به گلیادین و آمیلاز به آمیلوپکتین در شرایط شوری نسبت به شرایط بدون تنش به وجود آمد. در مطالعه‌ای دیگر، ژنگ و همکاران (۲۹) در بررسی تأثیر تنش شوری بر دو رقم گندم زمستانه گزارش کردند که شوری موجب افزایش پروتئین دانه و کاهش عملکرد آرد در هر دو رقم شد. طبق یافته این مطالعه، گندم رقم متحمل به شوری (DK961) در شرایط تنش نسبت به تغییرات پارامترهای مرتبط با کیفیت نانوایی از جمله جذب آب و محتوای گلوتن تر در سطوح ملایم شوری (تا ۱۰۰ میلی‌مولار NaCl) مقاومت نشان داد، درحالی‌که در رقم حساس به شوری (JN17) همه صفات مرتبط با کیفیت نانوایی

در هر دو سطح ملایم و شدید تنش، تحت تأثیر قرار گرفتند. این مطلب نشان‌دهنده این موضوع است که رقم متحمل به شوری گندم مورد مطالعه توانایی حفظ بیشتر عملکرد و کیفیت دانه را نسبت به رقم حساس داشته است. هوشمند و همکاران (۱۶) تأثیر تنش شوری را بر خصوصیات مرتبط با کیفیت دانه در ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به شوری گندم دوروم در طی دو سال بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که تنش شوری موجب افزایش معنی‌دار در محتوای پروتئین دانه، حجم رسوب SDS (سدیم دو دسیل سولفات)، محتوای گلوتن تر و خشک شد. وزن هزار دانه و عملکرد پروتئین دانه نیز به‌طور معنی‌داری در شرایط تنش کاهش یافت. در پژوهشی دیگر در گندم دوروم پاسخ متفاوت ارقام متحمل و حساس به شوری در رابطه با کیفیت دانه مورد بررسی قرار گرفت (۱۷). از طرفی دیگر فرانکویز و همکاران (۱۴) مشاهده کردند که در شرایط تنش شوری محتوای خاکستر و کیفیت پروتئین دانه کاهش و محتوای پروتئین دانه در گندم دوروم افزایش یافته است.

هدف از مطالعه حاضر، تأثیر تنش شوری بر خصوصیات کیفی دانه ۱۸۰ لاین F_5 حاصل از تلاقی دو رقم گندم نان (برات × نوگال) و شناسایی لاین های برتر بوده است.

مواد و روش

به‌منظور ارزیابی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی نسبت به تنش شوری، ۱۸۰ لاین F_5 حاصل از تلاقی رقم برات (رقمی با عملکرد بالا و گزینش شده از خزانه اصلاحی سیمیت و همچنین متحمل به تنش شوری) تولید شده در مؤسسه تهیه نهال و بذر کرج است، رقم برات دارای شجره SLVS*2/Pastor است. رقم پاستور متحمل بودن خود را از والد دارای جابه‌جایی بازوی کروموزم چاودار (1BL.1RS) که لاینی با منشاء سیمیت و تحت نام Seri-82 (۱۰) و رقم سیلور-استار متحمل بودن خود را از والد AUS-10894 از ارقام بومی استرالیا دریافت کرده است (۲۶). نوگال یک رقم جدید فرانسوی است که به‌طور گسترده‌ای در اروپا کشت می شود و همچنین حساس به تنش شوری است (۴). پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان اصفهان واقع در کبوترآباد اصفهان با طول جغرافیایی E ´۵۱ °۵۰ درجه، عرض جغرافیایی N ´۳۱ °۳۲ درجه، ارتفاع ۱۵۴۲/۵ متر از سطح دریا، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ به‌صورت دو طرح مجزا در دو شرایط محیطی عادی و تنش شوری انجام شد. استان اصفهان دارای اقلیم خشک و مجموع بارش سالانه در آن ۱۲۵ میلی‌متر است. اطلاعات خاک محل آزمایش در جدول ۱ درج شده است. طول ردیف کشت برای هر یک از لاین‌ها یک متر (دو ردیف کشت در هر پشته) و فاصله پشته‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تعداد ۳۰ بوته در هر ردیف با فاصله تقریبی ۵ سانتی‌متر به‌صورت دستی کشت شد. برای سبز شدن یکنواخت تا مرحله دو تا سه برگی و تا استقرار کامل گیاه، از آب معمولی و سپس از آب شور طبیعی (آب چاه) با هدایت الکتریکی حدود ۱۳ دسی زیمنس بر متر برای آبیاری استفاده شد. در انتهای فصل (مرحله رشدی رسیدگی فیزیولوژیک) از خاک هر کرت یک نمونه از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک تهیه شده و عصاره اشباع خاک که میانگین آن معادل ۱۱ دسی زیمنس بر متر بود مشخص شد.

تعداد نوبت‌های آبیاری قبل از بهار، چهار نوبت و بعد از آن مرتباً برای اینکه گیاه با تنش خشکی مواجه نشود، هر ۱۰ روز یک‌بار آبیاری تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی انجام شد. عملیات زراعی شامل آماده سازی زمین، کشت در اوایل آبان ماه و مراحل داشت شامل پخش کود سرک، آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و سن گندم به‌طور یکسان در فصل بهار برای دو سطح تنش انجام شد. بر اساس تجزیه و تحلیل نمونه خاک، ۳۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و ۱۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار قبل از کاشت اعمال شد. کود نیتروژن به سه قسمت تقسیم شد و در مراحل کاشت، پنجه زنی و گلدهی استفاده شد. در زمان برداشت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای ۱۰ سانتی‌متر از هر طرف خط کشت، برداشت صورت گرفت. پس از برداشت، بذور سه ماه در انبار نگهداری شد تا دانه‌ها از لحاظ بلوغ و

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک در شرایط معمول و تنش شوری

محیط معمول							
(dS/m)	(mg/kg)					(٪)	
شوری	منگنز	روی	مس	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	pH
۳/۶۲	۷/۶۳	۱/۰۱	۱/۱۲	۳۶۲	۲۳/۳	۰/۰۸	۶/۸۰
محیط تنش شوری							
(dS/m)	(mg/kg)					(٪)	
شوری	منگنز	روی	مس	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	pH
۱۱/۲	۹/۷۱	۲/۵۴	۱/۶۸	۴۰۰	۲۴/۶	۰/۰۷	۷/۲۰

کاهش رطوبت دانه به حالت پایدار درآیند (۷)، صفات کمی آنها شامل عملکرد دانه، عملکرد پروتئین دانه و وزن هزار دانه و پس از آسیاب کردن نمونه‌ها با آسیاب چکشی، صفات کیفی شامل رطوبت دانه، جذب آب، سختی دانه، زلنی، درصد پروتئین، حجم نان، گلوتن مرطوب و شاخص گلوتن در آزمایشگاه واحد شیمی و تکنولوژی بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مطابق با استانداردهای انجمن بین المللی علوم و تکنولوژی غلات (ICC) اندازه‌گیری شدند. همچنین برای اندازه‌گیری گلوتن از ۱۰ گرم آرد، پس از شستشوی نشاسته با دستگاه گلوتن‌شور و سانتریفیوژ کردن گلوتن در ۶۰۰۰ دور در دقیقه و بر مبنای عبور گلوتن از روی تور به پشت تور، مقدار گلوتن مرطوب (بنابر استاندارد شماره ۱۳۷) و شاخص گلوتن (بنابر استاندارد شماره ۱۵۸) به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری صفات کیفی رطوبت دانه، جذب آب، سختی دانه، زلنی، درصد پروتئین و حجم نان از دستگاه طیف سنج مادون قرمز (NIR-Near Infrared Spectroscopy) مدل Perten 8600 استفاده شد.

داده‌های حاصل از صفات مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ورژن ۹/۴ بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای هر سطح تنش جداگانه و سپس به‌صورت مرکب، تجزیه واریانس شد. میانگین لاین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار ($LSD_{0.05}$) مورد مقایسه قرار گرفتند. از تقسیم واریانس ژنوتیپی هرصفت به فنوتیپی برآوردی از درصد وراثت پذیری عمومی هر صفت به‌دست آمد. ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) با استفاده از واریانس ژنوتیپی و همچنین میانگین صفات ($\bar{x}$)، براساس رابطه‌های زیر محاسبه شدند.

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{x}} \times 100 , \qquad H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_{ph}^2} \times 100,$$

$$\sigma_g^2 = \frac{MSG - MSE}{r}, \qquad \sigma_{ph}^2 = \sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}$$

تجزیه به عامل‌ها به‌عنوان یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره آماری به‌منظور کاهش تعداد متغیرها و مشخص کردن متغیرهای تعیین کننده عملکرد مورد استفاده قرار گرفت. برای شناسایی عوامل پنهانی توجیه کننده تغییرات داده‌ها و نیز گروه‌بندی صفات از تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی استفاده شد و عوامل به‌دست آمده به روش واریمکس دوران داده شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس در هر دو شرایط عادی و تنش، نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین لاین‌ها در همه صفات مرتبط با کیفیت نانوایی مورد مطالعه وجود داشت (جدول ۲ و ۳)، که نشان از وجود تنوع ژنتیکی بالا در لاین‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی است. همچنین جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط بر تمامی صفات معنی‌دار است (جدول ۴). اختلاف آماری معنی‌دار بین لاین‌ها و اثر متقابل

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت دانه لاین‌های گندم نان در شرایط معمول

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم نان	رطوبت دانه	جذب آب	سختی دانه	عدد زلنی	محتوای پروتئین	محتوای گلوتن	شاخص گلوتن	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد پروتئین دانه
بلوک	۲	۷۱/٤**	۰/۹۸**	۰/٤۷**	۱۰/۳**	۹۳٦**	۱۰/٤**	۱۱٤۰**	٤۲۰**	۲٤/٤**	۳۲۸۰۵۰۰**	۱٦۲٤۷۰۳**
لاین	۱۷۹	۳۰۹۵**	۰/۳۰**	۱/۹۸**	۲۳/٤**	۲۲٤**	۲/۰٦**	۷٦/۷**	۹٦۵**	۲۰/٤**	۲۲۰۰۳۲۳**	۳۲٤٤۲۸٤**
اشتباه آزمایشی	۳۵۸	۵/۵۷	۰/۱٤	۰/۲۲	۲/٤۷	۱٦۷.۸	۰/۳٦	٦/۸۳	۳۱۰	۵/۱٤	٦۳٤٦	۷۱۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۹/۳۳	٦/۷۵	۷/۰۵	۵/٤۹	۸/۲۱	٦/٤۲	۱٤/۳	۸/٦۷	۷/۳٤	۱۲/۵	۱۰/۷

ns: عدم معنی‌دار بودن، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت دانه لاین‌های گندم نان در شرایط تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم نان	رطوبت دانه	جذب آب	سختی دانه	عدد زلنی	محتوای پروتئین	محتوای گلوتن	شاخص گلوتن	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد پروتئین دانه
بلوک	۲	٤۷/٤**	۰/۹۹**	۰/۵۷**	۱۱/۳**	۹٤٦**	۱۰/۹**	۱۱٤۰**	٤۲۰**	۲۵/۱**	۱٤۵۸۰۰۰**	۹۱۵۸۵۲**
لاین	۱۷۹	۳۸۹۹**	۰/۲۹**	۱/٦۲**	۲۰/۸**	۲۲۰**	۲/۰٦**	۳۵/۱**	۷۸۲**	۱٤/۳**	۱۷۸۲٦۰۷**	۲۷۱۲۳۸**
اشتباه آزمایشی	۳۵۸	٤/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۷	۱/۵٤	۱۵/۲	۰/٦۵	۸/۱٦	۲٦٤	۳/۲۷	۵۲۳۱	۵۲۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۱	۵/۳۷	۵/۸۸	۸/۲۵	۱۱/۱	۱۰/۱	۱٦/۳	۲٤/۷	۹/۵٦	۱۳/۱	۱۲/۲

ns: عدم معنی‌دار بودن، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مرتبط با کیفیت دانه لاین‌های گندم نان در شرایط معمول و تنش شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	حجم نان	رطوبت دانه	جذب آب	سختی دانه	عدد زلنی	محتوای پروتئین	محتوای گلوتن	شاخص گلوتن	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد پروتئین دانه
تنش	۱	۱۲۰۵٦**	۵/۱۵**	۱۸/٤**	۱۸۵**	۱۰۱٦**	۲٤/۰**	۷۸۵**	۱۵۲۷۷**	۷/۲٤**	٤۳۱٤۲۵۷۰۰**	٦۵۳۹۰۰**
تکرار(تنش)	٤	۱۱۷	۱/۹۷	۱/۰٤	۲۱/۵	۱۸۸۲	۲۱/۳	٤۳/۲	۳٤/۸	٤۹/۵	٤۵۵٦۲۵۰	۲٤۹۰۱۰۹
لاین	۱۷۹	٤۱٦۷**	۰/۳۲**	۱/۹۳**	۲۳/۷**	۲۱۱**	۲/۵٦**	٤٦/۵**	۸۵٤**	۲٤/۲**	۲۹۷۵۹٦۳**	٤٤۹۹۵٤۲**
لاین × تنش	۱۷۹	۲۸۲۷**	۰/۲٦**	۱/٦۷**	۲۰/۵**	۲۳۳**	۱/۸٦**	٦۵/۳**	۸۹۳**	۱۰/۵**	۱۰۰٦۹٦٦**	۱٤۵۷۱۲۷**
باقی مانده	۷۱٦	۵/۳٤	۱/۸۹	۲/٦۳	۳/۲۱	۱۸/٦	۲/۱۱	۲۹/۲	۱۱۸	٦/۱۷	٤۲۳٦	٦۲۰

ns: عدم معنی‌دار بودن، * و **: به‌ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵. آمار توصیفی، برآورد وراثت پذیری عمومی و ضریب تغییرات ژنتیکی برای صفات مرتبط با کیفیت دانه لاین‌های گندم نان در شرایط معمول و تنش شوری

صفات	میانگین		حداقل		حداکثر		وراثت پذیری		ضریب ژنتیکی	
	معمول	تنش شوری	معمول	تنش شوری	معمول	تنش شوری	معمول	تنش شوری	معمول	تنش شوری
حجم نان (٪)	۴۵۳	۴۴۷	۳۵۸	۲۹۷	۵۷۲	۵۳۹	۹۸/۲	۹۵/۸	۱/۵۱	۱/۹۰
رطوبت دانه (٪)	۸/۰۹	۷/۲۲	۶/۱۵	۶/۰۱	۸/۱۰	۷/۲۵	۵۸/۶	۵۳/۳	۰/۳۸	۰/۱۹
جذب آب (٪)	۶۷/۷	۶۶/۹	۶۵/۱	۶۴/۸	۶۹/۴	۶۹/۰	۹۵/۸	۸۸/۹	۱/۰۹	۰/۷۹
سختی دانه (٪)	۵۳/۰	۵۴/۹	۴۶/۳	۴۸/۸	۶۳/۳	۶۳/۸	۸۹/۴	۸۱/۱	۲/۶۶	۳/۳۴
عدد زلنی (٪)	۳۰/۸	۳۴/۷	۸/۶۳	۱۰/۱	۶۰/۳	۶۱/۶	۹۲/۵	۷۳/۱	۴/۵۰	۳/۴۳
محتوای پروتئین دانه (٪)	۱۲/۸	۱۴/۱	۱۰/۷	۱۱/۳	۱۵/۴	۱۷/۴	۸۲/۵	۶۸/۵	۱۰/۲	۷/۱۸
محتوای گلوتن (٪)	۳۰/۰	۳۱/۷	۹/۰۱	۱۸/۱	۴۱/۱	۴۸/۱	۹۱/۱	۷۶/۸	۰/۸۸	۰/۵۳
شاخص گلوتن	۲۶/۳	۳۳/۸	۴/۰۱	۷/۰۱	۸۴/۱	۸۹/۱	۶۷/۹	۶۳/۳	۲/۸۸	۲/۲۶
وزن هزار دانه (g)	۳۷/۲	۳۵/۱	۳۰/۹	۲۹/۲	۴۳/۵	۴۲/۸	۷۷/۲	۶۸/۸	۰/۳۷	۰/۳۰
عملکرد دانه (kg/ha)	۳۱۷۲	۱۹۰۸	۱۳۵۳	۴۹۶	۵۵۹۲	۴۰۵۴	۹۱/۸	۸۴/۱	۲۵/۲	۱۹/۶
عملکرد پروتئین دانه (kg/ha)	۴۰۳	۲۶۷	۱۷۸	۷۲/۱	۷۳۶	۵۱۵	۷۴/۳	۶۰/۰	۳۵/۸	۳۹/۱

لاین در محیط بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالا بین لاین‌های مورد ارزیابی و احتمالا مکانیزم‌های متفاوت بین آنها در واکنش به شرایط تنش شوری است که نشان‌دهنده کارایی انتخاب در شناسایی لاین‌های مطلوب بوده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین‌های ۳، ۱۴، ۵۷، ۶۱، ۷۲ و ۱۰۵ با ۵۴۰/۳۵ درصد و لاین‌های ۵۶، ۹۵، ۱۰۷، ۱۱۱، ۱۱۷ و ۱۶۱ با ۳۸۶/۹۳ درصد در شرایط عادی به‌ترتیب بیشترین و کمترین حجم نان را داشتند. درحالی‌که در شرایط تنش شوری بیشترین میزان حجم نان مربوط به لاین‌های ۴۲، ۵۷، ۹۸، ۱۰۱، ۱۰۵ و ۱۲۸ با ۵۲۷/۸۱ درصد و کمترین میزان حجم نان را لاین ۱۱، ۲۴، ۹۱، ۱۰۳، ۱۰۶ و ۱۰۷ با ۳۲۴ درصد بود (جدول ۵). متوسط این صفت در شرایط عادی۴۵۳/۸۰ درصد و در شرایط تنش شوری ۴۴۷/۱۲ درصد بود. میانگین رطوبت دانه در شرایط عادی ۸/۰۹ و در شرایط تنش شوری ۷/۲۲ درصد بود که نشان داد، تنش شوری باعث کاهش رطوبت دانه شده است. میزان جذب آب، میزان درصد آبی است که برای تهیه خمیر از آرد گندم مصرف می‌شود. هرچه آرد، آب بیشتری جذب کند یعنی بازدهی آرد بالاتر و خمیر تولید شده دارای گلوتن قوی‌تر بوده و بهتر ور می‌آید. به‌طور میانگین کل میزان جذب آب لاین‌ها در شرایط عادی ۶۷/۶۷ درصد و در شرایط تنش شوری ۶۶/۹۳ درصد بود که تنش شوری باعث کاهش جذب آب به‌صورت معنی‌دار شده است که حاکی از کاهش جزئی میزان جذب آب لاین‌ها در تنش شوری بوده است. کمبود آب در گیاهان به‌دلیل پتانسیل پایین آب خروجی به‌عنوان اولین عامل مهار رشد در شرایط تنش شوری در نظر گرفته می‌شود (۵).

سختی دانه، صفتی است که بیشتر تحت کنترل ساختار ژنتیکی بوده و به همین دلیل به‌عنوان یک مشخصه پایدار در شناسایی لاین‌های برتر از آن نام برده می‌شود. با توجه به اینکه در این مطالعه لاین‌های متحمل به تنش شوری حاوی پروتئین بالا دارای سختی دانه بالایی نیز بودند، احتمالا در دانه‌های سخت محتوای پروتئین در میزان سختی دانه مؤثر است. به‌طور میانگین میزان سختی دانه در شرایط عادی ۵۳/۰۳ درصد و در شرایط تنش شوری ۵۴/۸۶ درصد است که نشان از افزایش میزان سختی دانه در تنش شوری است. ارزیابی حجم رسوب

زلنی به‌منظور تعیین تأثیر تنش شوری بر کیفیت گلوتن پروتئین و در نتیجه نانوایی انجام گرفت. نتایج نشان داد که تنش شوری موجب افزایش میانگین این صفت از ۳۰/۷۹ درصد به ۳۴/۷۳ درصد شد. به‌طور میانگین وزن هزار دانه در شرایط عادی ۳۷/۱۵ گرم و در شرایط تنش شوری ۳۴/۹۹ گرم بود، بنابراین تنش شوری باعث کاهش وزن هزار دانه شده است. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ میانگین کل محتوای پروتئین دانه در شرایط عادی ۱۲/۸۱ و در شرایط تنش شوری ۱۴/۱۱ بود. تنش شوری موجب شد تا میانگین محتوای پروتئین۱/۱۰ درصد افزایش یابد. دامنه محتوای پروتئین دانه در شرایط عادی بین ۱۰/۷۲ و ۱۵/۴۱ درصد و در شرایط تنش شوری بین ۱۱/۳۱ و ۱۷/۴۰ درصد متغیر بود. افزایش پروتئین دانه تحت تنش شوری احتمالاً به لحاظ کاهش بیشتر محتوای نشاسته آندوسپرم در مقام مقایسه با پروتئین باشد (۲۷). علاوه بر این، شرایط مطلوب محیطی (عدم تنش) پیری برگ را به تأخیر می‌اندازد و جذب نیتروژن خاک و انتقال آن از برگ‌ها را پشتیبانی می‌کند، بنابراین عملکرد دانه بیشتری با محتوای پروتئین کمتر نسبت به محیط شوری تولید می‌کند (۲۳). همچنین، میزان تنفس بالا تحت تنش شوری منجر به کاهش انتقال جذب به دانه‌ها شده و در نتیجه، میزان پروتئین افزایش می‌یابد (۱۸). عیوضی و همکاران (۸) گزارش کردند که شوری آب موجب افزایش ارزش نانوایی گندم در اثر افزایش میزان پروتئین دانه می‌شود. میانگین درصد گلوتن مرطوب در شرایط عادی ۳۰/۰۲ درصد و در شرایط تنش شوری ۳۱/۷۲ درصد بود که نشان از افزایش ۱/۰۶ درصدی در میزان گلوتن مرطوب در شرایط تنش شوری دارد. میانگین کل صفت عملکرد دانه در شرایط عادی ۳۱۷۲/۲۰ و در شرایط تنش شوری ۱۹۰۸/۱۳ کیلوگرم در هکتار بوده است (جدول ۵). در مطالعه حاضر عملکرد دانه در شرایط تنش شوری به‌طور متوسط ۱/۶۶ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش را می توان به کاهش سطح برگ گندم و در نتیجه کاهش جذب نور و فتوسنتز نسبت داد (۲۵). هوشمند و همکاران (۱۵) نیز در شرایط تنش شوری کاهش معنی‌داری در وزن دانه و افزایش در محتوای پروتئین (۱۸ درصد) و محتوای گلوتن تر (۳ درصد) در گندم نان مشاهده کردند. در مطالعه ژنگ و همکاران (۲۹) رقم‌های گندم زمستانه دارای پروتئین دانه بالاتری در شرایط تنش شوری نسبت به شرایط بدون تنش بودند. ندیم و همکاران (۲۰) در مطالعه چهار ژنوتیپ گندم نان گزارش نمودند که در تنش شوری نسبت به شرایط عادی میزان گلوتن تر و محتوای پروتئین افزایش و میزان جذب آب کاهش یافت که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. میانگین شاخص گلوتن در شرایط عادی ۲۶/۲۹ و در شرایط تنش شوری ۳۳/۸۲ بود. شاخص گلوتن در شرایط عادی بین ۴ و ۸۴ و در شرایط تنش شوری بین ۷ و ۸۹ متغیر بوده است. ضریب تغییرات معیار نسبی از واریانس میان صفات مختلف فراهم می‌کند.

بر اساس جدول ۵ بالاترین ضرایب تغییرات ژنوتیپی را در هر دو شرایط محیطی، صفات عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه به خود اختصاص دادند. ضریب تغییرات ژنوتیپی صفات نشان می‌دهد که تنوع موجود در صفات مختلف، متفاوت است. در برخی از صفات مورد مطالعه تنوع زیاد و در بعضی صفات تنوع کمی وجود داشت. ضریب تغییرات ژنتیکی بالا برای صفات اشاره شده بیانگر اثر افزایشی ژن‌های کنترل کننده این صفات و نقش تعیین کننده این صفات در تنوع ژنتیکی است. مسلماً هر چه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد انتخاب در آنها منجر به پاسخ به گزینش بهتری خواهد شد (۲۱). به‌طورکلی در محیط عدم تنش در همه صفات میزان وراثت پذیری بالاتر از محیط دارای تنش شوری بود (جدول ۵). بالاترین میزان وراثت پذیری در هر دو شرایط محیطی به‌ترتیب متعلق به صفات حجم نان و جذب آب بود و کمترین میزان وراثت پذیری متعلق به صفات رطوبت دانه در هر دو شرایط بود و در نتیجه انتخاب ژنوتیپ بر اساس این صفت چندان میسر نیست. بالا بودن وراثت پذیری صفاتی نظیر حجم نان نشان‌دهنده پایین بودن اثرات محیطی بر این صفات است (۲۱). علاوه بر این، سل واراجی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که ضریب تغییرات ژنتیکی بالا در کنار وراثت پذیری بالا دیدگاه

روشن‌تری برای گزینش ژنوتیپ‌ها ارائه می‌کند.

با توجه به ضرایب همبستگی مشخص شد که در هر دو شرایط عادی و تنش، رسوب زلنی با جذب آب و سختی دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بودند (جدول ۶). همبستگی مثبت بین رسوب زلنی و میزان جذب آب و سختی دانه نشان‌دهنده این است که با افزایش سختی دانه، پروتئین‌های مؤثر بر کیفیت دانه، افزایش یافته و کیفیت دانه بهبود می‌یابد. نتایج مشابه توسط شهبازی و همکاران در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (۲۵). همچنین مشاهده شد که عملکرد پروتئین دانه همبستگی منفی و معنی‌دار با رطوبت دانه و حجم نان تحت شرایط عادی و تنش شوری دارد. طبق جدول ضرایب همبستگی، حجم نان همبستگی مثبت و معنی‌دار با رسوب زلنی و میزان پروتئین دانه تحت شرایط عادی و تنش شوری داشت درحالی‌که دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با رطوبت دانه بود. شاخص سختی دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با محتوای پروتئین نشان داد. وجود رابطه مستقیم و معنی‌دار بین این دو صفت نشان‌دهنده این مطلب است که در تنش شوری با افزایش سهم پروتئین در دانه، فضای خالی بین سلول‌های آندوسپرم کاهش یافته و در نتیجه سختی دانه افزایش یافته است. به همین منوال اسلامی و همکاران (۱۱) در مطالعه‌ای در گندم دوروم بین محتوای پروتئین و سختی دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش کردند. همبستگی منفی و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و پروتئین دانه مشاهده شد، بدین مفهوم که با افزایش وزن هزار دانه میزان پروتئین کاسته می‌شود. در هر دو محیط آزمایشی، بین عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. صالحی و ارزانی (۲۳) نیز رابطه منفی قوی و معنی‌داری بین این دو صفت گزارش کردند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که شوری خاک و یا آب آبیاری سبب می‌شود تا شاخص‌های کمی رشد نظیر عملکرد دانه کاهش یابد اما در مقابل با تأثیر بر کیفیت و کمیت پروتئین دانه موجب افزایش مقدار پروتئین و عدد زلنی می‌شود. این امر موجب می‌شود تا قابلیت طبخ و ارزش غذایی دانه گندم بهبود یابد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه در شرایط بدون تنش ($r = ۰/۹۸^{**}$) و شرایط تنش شوری ($r = ۰/۹۶^{**}$) مشاهده شد. بنابراین، عملکرد پروتئین در هکتار تا حد زیادی به تنوع در عملکرد دانه بستگی داشت تا به محتوای پروتئین دانه. این بدان معنا است که هنگامی که تیمار شوری باعث کاهش عملکرد دانه شد، با اینکه درصد پروتئین دانه افزایش یافت، عملکرد پروتئین دانه به‌طور همزمان کاهش یافت. نتایج این مطالعه با نتایج صالحی و ارزانی (۲۳) همسو بود.

نتایج تجزیه به عامل‌ها در جدول ۷ و ۸ آمده است. جهت توجیه بهتر، عامل‌ها را به روش واریمکس دوران داده و در نهایت این تجزیه منجر به شناسایی ۳ عامل پنهانی در شرایط عادی و ۴ عامل در شرایط تنش شوری شد که در مجموع در شرایط عادی و تنش شوری این عوامل توانستند به‌ترتیب ۷۵ و ۸۴ درصد از تنوع بین داده‌ها را توجیه کنند. در شرایط عادی عامل اول به شدت تحت تأثیر سختی دانه و رسوب زلنی در جهت مثبت و رطوبت دانه در جهت منفی بود. درحالی‌که عامل دوم به شدت متأثر از عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه در جهت مثبت و حجم نان در جهت منفی بود. در آخر عامل سوم متأثر از شاخص گلوتن در جهت مثبت و گلوتن مرطوب در جهت منفی بود. شهبازی و همکاران (۲۵) در مطالعه خود بر روی لاین‌های گندم گزارش کردند که تجزیه به عامل‌ها در شرایط عادی ۶۰ درصد از تنوع بین داده‌ها را توجیه کردند. در شرایط تنش شوری عامل اول به شدت تحت تأثیر جذب آب، سختی دانه و رسوب زلنی در جهت مثبت و رطوبت دانه در جهت منفی بود. عامل دوم متأثر از عملکرد دانه و عملکرد پروتین دانه در جهت مثبت و رطوبت دانه در جهت منفی بود. عامل سوم متأثر از حجم نان در جهت مثبت و عملکرد دانه در جهت منفی بود. عامل چهارم متأثر از گلوتن مرطوب در جهت مثبت و شاخص گلوتن در جهت منفی بود. میزان اشتراک بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هر چه بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در

جدول ۶. ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با کیفیت دانه لاین های گندم نان در شرایط عادی و تنش شوری

صفات	حجم نان	رطوبت دانه	جذب آب	سختی دانه	زلنی	پروتئین دانه	گلوتن مرطوب	شاخص گلوتن	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد پروتئین دانه
حجم نان	۱	−۰/۱۲**	۰/۰۶^{ns}	−۰/۰۶^{ns}	۰/۲۶**	۰/۶۷**	−۰/۰۷^{ns}	۰/۰۵^{ns}	−۰/۰۹*	−۰/۴۶**	−۰/۳۸**
رطوبت دانه	−۰/۲۴**	۱	−۰/۲۱**	−۰/۴۳**	−۰/۵۱**	−۰/۳۸**	−۰/۱۱**	۰/۰۳^{ns}	−۰/۰۶^{ns}	−۰/۱۶**	−۰/۲۴**
جذب آب	۰/۱۲**	−۰/۲۹**	۱	۰/۸۸**	۰/۷۷**	۰/۵۷**	۰/۰۲^{ns}	−۰/۰۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۹*
سختی دانه	۰/۱۵**	−۰/۵۰**	۰/۹۰**	۱	۰/۷۶**	۰/۴۶**	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۱۷**	۰/۲۵**
زلنی	۰/۲۶**	−۰/۴۹**	۰/۸۳**	۰/۸۷**	۱	۰/۸۳**	۰/۰۹*	۰/۰۱^{ns}	−۰/۰۱^{ns}	−۰/۱۰*	۰/۰۳^{ns}
پروتئین دانه	۰/۶۳**	−۰/۴۶**	۰/۶۸**	۰/۶۴**	۰/۸۵**	۱	۰/۰۸^{ns}	−۰/۰۴^{ns}	−۰/۰۸*	−۰/۴۰**	−۰/۲۶**
گلوتن مرطوب	۰/۱۳**	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	−۰/۰۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱	−۰/۱۱**	−۰/۰۱^{ns}	−۰/۰۸^{ns}	−۰/۰۶^{ns}
شاخص گلوتن	۰/۰۳^{ns}	−۰/۰۱^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	−۰/۰۱^{ns}	−۰/۱۷**	۱	−۰/۰۱^{ns}	−۰/۰۵^{ns}	−۰/۰۷^{ns}
وزن هزار دانه	−۰/۲۰**	۰/۰۲^{ns}	−۰/۰۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	−۰/۰۴^{ns}	−۰/۲۰**	−۰/۱۶**	−۰/۰۲^{ns}	۱	۰/۳۰**	۰/۲۹**
عملکرد دانه	−۰/۳۴**	−۰/۱۰*	−۰/۱۰*	−۰/۰۱^{ns}	−۰/۱۱**	−۰/۳۳**	−۰/۰۹*	−۰/۱۰*	۰/۴۲**	۱	۰/۹۸**
عملکرد پروتئین دانه	−۰/۲۰**	−۰/۲۴**	۰/۰۸^{ns}	۰/۱۸**	۰/۱۲**	−۰/۰۸*	−۰/۰۸^{ns}	−۰/۱۲**	۰/۳۹**	۰/۹۶**	۱

بالای قطر ضرایب همبستگی در شرایط تنش شوری و پایین قطر ضرایب همبستگی در شرایط عادی

ns: عدم معنی‌دار بودن، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۷. نتایج تجزیه عامل‌های صفات مورد اندازه‌گیری در لاین‌های گندم نان در شرایط معمول

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	میزان اشتراک
حجم نان	۰/۳۶	−۰/۴۸	−۰/۲۷	۰/۴۴
رطوبت دانه	−۰/۶۲	−۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۴۲
جذب آب	۰/۸۷	−۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۷۷
سختی دانه	۰/۹۲	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۸۷
زلنی	۰/۹۵	−۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۹۱
پروتئین دانه	۰/۸۶	−۰/۳۴	−۰/۱۲	۰/۸۷
گلوتن مرطوب	۰/۰۱	−۰/۱۸	−۰/۷۱	۰/۵۳
شاخص گلوتن	۰/۰۳	−۰/۱۴	۰/۷۲	۰/۵۴
وزن هزار دانه	−۰/۰۲	۰/۶۱	۰/۱۷	۰/۴۰
عملکرد دانه	−۰/۰۵	۰/۹۵	−۰/۱۱	۰/۹۲
عملکرد پروتئین دانه	۰/۱۸	۰/۹۲	−۰/۱۵	۰/۸۹
واریانس توجیه شده	۰/۳۸	۰/۲۵	۰/۱۲	
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/۳۸	۰/۶۳	۰/۷۵	

جدول ۸. نتایج تجزیه عامل‌های صفات مورد اندازه‌گیری در لاین‌های گندم نان در شرایط تنش شوری

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	میزان اشتراک
حجم نان	۰/۰۶	−۰/۱۵	۰/۸۹	−۰/۰۶	۰/۸۲
رطوبت دانه	−۰/۴۷	−۰/۳۹	−۰/۲۹	−۰/۲۴	۰/۵۱
جذب آب	۰/۹۲	−۰/۰۵	−۰/۰۳	−۰/۰۶	۰/۸۵
سختی دانه	۰/۹۳	۰/۱۳	−۰/۰۹	−۰/۰۴	۰/۹۰
زلنی	۰/۹۰	۰/۰۱	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۹۱
پروتئین دانه	۰/۶۵	−۰/۱۷	۰/۶۸	۰/۰۹	۰/۹۲
گلوتن مرطوب	۰/۱۲	−۰/۲۲	−۰/۱۸	۰/۷۸	۰/۷۰
شاخص گلوتن	۰/۰۹	−۰/۱۸	−۰/۱۳	−۰/۶۹	۰/۵۳
وزن هزار دانه	−۰/۰۵	۰/۶۱	۰/۱۱	−۰/۰۱	۰/۳۸
عملکرد دانه	۰/۰۴	۰/۸۳	−۰/۴۹	−۰/۰۲	۰/۹۲
عملکرد پروتئین دانه	۰/۱۵	۰/۸۵	−۰/۴۰	۰/۰۱	۰/۹۰
واریانس توجیه شده	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۲	
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/۳۲	۰/۵۳	۰/۷۲	۰/۸۴	

برآورد واریانس متغیر مربوط است. میزان اشتراک عملکرد دانه در شرایط عادی و پروتئین دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری بالا بود و توانستند درصد بالایی از تنوع موجود در صفات را توجیه کنند. با توجه به میزان اشتراک، وزن هزار دانه کمترین دقت برآورد را دارا بود. به‌طورکلی با انتخاب صفات معرفی شده توسط روش تجزیه به عامل‌ها می‌توان معیارهای

مناسبی را در ارتباط با گزینش لاین‌های برتر از لحاظ کیفیت نانوایی که از پایه‌های مهم اصلاحی محسوب می‌شوند، به‌دست آورد.

نتیجه‌گیری

کمیت و کیفیت پروتئین در تعیین خواص خمیر نان و کیفیت پخت آن مهم است. تنش شوری موجب کاهش عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه به‌طور همزمان شد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و پروتئین دانه مشاهده شد، بدین مفهوم که با افزایش وزن دانه محتوای پروتئین دانه کاسته می‌شود. علاوه بر این، در تنش شوری با افزایش سهم پروتئین در دانه که انتظار می رود با کاهش سهم نشاسته در آندوسپرم همراه باشد، منجر به افزایش سختی دانه و در نتیجه بهبود کیفیت نانوایی دانه شده است. در مطالعه حاضر حجم نان همبستگی مثبت و معنی‌دار با رسوب زلنی و میزان پروتئین دانه داشت. به‌طوری‌کلی تنش شوری با کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش اندازه دانه منجر به افزایش کمیت (محتوای گلوتن) و کیفیت (عدد زلنی) گلوتن که در نهایت موجب افزایش محتوا و کیفیت پروتئین و در نتیجه کیفیت نانوایی لاین‌های گندم شده است.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به جهت فراهم کردن امکانات لازم برای اندازه‌گیری صفات کیفی دانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Akbari Rad, M., G. Najafian, M. Esmailzadeh Moghadam and M. Khodarahmi. 2010. Study of genetic variation in baking quality related characteristics in bread wheat advanced lines and commercial cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12: 213-226. (In Farsi).
2. Arzani, A. and M. Ashraf. 2016. Smart engineering of genetic resources for enhanced salinity tolerance in crop plants. *Critical Reviews in Plant Sciences* 35: 146-189.
3. Arzani, A. and M. Ashraf. 2017. Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): A potential source of health-beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16: 477-488.
4. Bacu, A., V. Ibro and M. Nushi. 2020. Compared salt tolerance of five local wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars of Albania based on morphology, pigment synthesis and glutathione content. *The EuroBiotech Journal* 4: 42-52.
5. Chen, D., S. Wang, L. Yin and X. Deng. 2018. How does silicon mediate plant water uptake and loss under water deficiency? *Frontiers in Plant Science* 9: 281-288.
6. Cheraghi, S. A., M. Y. Hasheminejhad and M. H. Rahimian. 2009. An overview of the salinity problem in Iran: Assessment and monitoring technology. In: Advances in the assessment and monitoring of salinization and status of biosaline agriculture Reports of expert consultation held in Dubai, United Arab Emirates.
7. Derkx, A. P. and D. J. Mares. 2020. Late-maturity α-amylase expression in wheat is influenced by genotype, temperature and stage of grain development. *Planta* 251: 1-14.
8. Eivazi, A., S. Abdollahi, H. Salekdeh, I. Majidi, A. Mohamadi and B. Pirayeshfar. 2006. Effect of drought and salinity stress on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Iranian Journal of Crop Sciences* 7: 252-267. (In Farsi).
9. EL Sabagh, A., M. S. Islam, M. Skalicky, M. A. Raza, K. Singh, M. Anwar Hossain, A. Hossain, W. Mahboob, M. A. Iqbal, D. P. Ratnasekera and R. Singhal. 2021. Adaptation and management strategies of wheat (*Triticum aestivum* L.) against salinity stress to increase yield and quality. *Frontiers in Agronomy* 3: 43-63.
10. Eren, H., M. Y. Pekmezci, S. E. Z. E. R. Okay, M. I. N. E. Turktas, B. Inal, E. Ilhan, M. Atak, M. Erayman and T. Unver. 2015. Hexaploid wheat (*Triticum aestivum*) root miRNome analysis in response to salt stress. *Annals of Applied Biology* 167: 208-216.
11. Eslami, M., S. A. M. Mirmohammady Maibody and A. Arzani. 2005. Evaluating grain quality traits and their heritabilities in durum wheat genotype. *Journal of Water and Soil Science* 9:121-129. (In Farsi).
12. FAO. 2018. FAO soils portal, salt-affected soils. FAO/AGL Rome. Retrieved from: http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/more-information-on-salt-affected-soils/en/.

13. FAOSTAT Database. 2014. FAO, Rome, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Washington. http: // faostat3.fao.org/ site/ 291/ default. aspx.
14. Francois, L. E., E. V. Mass, T. J. Donovan and V. L. Young. 1986. Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of semi-dwarf and durum wheat. *Agronomy Journal* 78: 1053-1058.
15. Houshmand, S., A. Arzani, S. A. M. Maibody and M. Feizi. 2005. Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. *Field Crops Research* 91: 345-354.
16. Houshmand, S., A. Arzani and S. A. M. Mirmohammadi-Maibody. 2014. Effects of salinity and drought stress on grain quality of durum wheat. *Communications In Soil Science and Plant Analysis* 45: 297-308.
17. Katerji, N., J. W. Hoorn, C. Fares, A. Hamdy, M. Mastrorilli and T. Oweis. 2005. Salinity effect on grain quality of two durum wheat varieties differing in salt tolerance. *Agricultural Water Management* 75: 85-91.
18. Kumar, R., V. Singh, S. K. Pawar, P. K. Singh, A. Kaur and D. Sharma. 2019. Abiotic stress and wheat grain quality: A comprehensive review. pp 63-87, In: M. Hasanuzzaman, K. Nahar, M. Hossain (eds), Wheat Production in Changing Environments. Springer, Singapore.
19. Manchanda, G. and N. Garg. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum* 30: 595-618.
20. Nadeem, M., M. N. Tariq, M. Amjad, M. Sajjad, M. Akram, M. Imran, M. A. Shariati, T. A. Gondal, N. Kenijz and D. Kulikov. 2020. Salinity-induced changes in the nutritional quality of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Journal of Agricultural Science* 42: 1-12.
21. Pezeshkpour, P. and S. Afkar. 2018. The study of genetic diversity, heritability and genetic advance of morphological traits, yield and yield components in different chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *Journal of Crop Breeding* 9: 61-68. (In Farsi).
22. Ranjbar, G. H. and H. A. Pirasteh-Anosheh. 2015. Glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. *Iranian Journal of Crop Sciences* 17: 165-178. (In Farsi).
23. Salehi, M. and A. Arzani. 2013. Grain quality traits in triticale influenced by field salinity stress. *Australian Journal of Crop Science* 7: 580-587.
24. Selvaraj, C. I., P. Nagarajan, K. Thiyagarajan, M. Bharathi and R. Rabindran. 2011. Genetic parameters of variability, correlation and path-coefficient studies for grain yield and other yield attributes among rice blast disease resistant genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology* 10: 3322-3334.
25. Shahbazi, H., A. Arzani and M. Esmailzadeh Moghadam. 2014. Evaluation of grain quality in bread wheat recombinant inbred lines under drought stress conditions. *Journal of Crop Production and Processing* 4: 285-294.
26. Shamaya, N. J., Y. Shavrukov, P. Langridge, S. J. Roy and M. Tester. 2017. Genetics of Na^+ exclusion and salinity tolerance in Afghani durum wheat landraces. *BMC Plant Biology* 17: 1-8.
27. Viswanathan, C. and R. Khanna-Chopra. 2001. Effect of heat stress on grain growth, starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties differing in grain weight stability. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186: 1-7.
28. Zheng, C. F., D. Jiang, T. B. Dai, Q. Jing and W. X. Cao. 2009a. Effects of salt and waterlogging stress at post-anthesis stage on wheat grain yield and quality. *Journal of Applied Ecology* 20: 2391-2398.
29. Zheng, Y., X. Xu, Z. Li, X. Yang, C. Zhang, F. Li and G. Jiang. 2009b. Differential responses of grain yield and quality to salinity between contrasting winter wheat cultivars. *Seed Science and Biotechnology* 3: 40-43.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 12, No. 2, Summer 2022, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Salinity Stress on Grain Yield and Grain Quality in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Lines

S. Omrani[1], A. Arzani[1*], M. Esmaeilzadeh Moghaddam[2], T. Najafi Mirak[2] and M. Mahlooji[3]

(Received: September 11-2021; Accepted: January 11-2022)

Abstract

The effects of salinity stress on grain quality traits of wheat were investigated using 180 lines of F_5 generation in two environments (normal and salinity stress). A randomized complete block designs with three replications was used in each of the environments at the Research Farm of the Agricultural and Natural Resources Research Station of Isfahan in 2019-2020 cropping season. Grain yield, protein yield, grain moisture content, grain hardness, volume of Zeleny sediment, protein content, bread volume, wet gluten percentage, and gluten index were evaluated. Analysis of variance showed that there were significant differences among the lines for all traits studied in two environmental conditions. Moreover, the results showed that the quality in bread wheat was improved under salinity stress conditions due to increment in protein content and grain hardness. Grain protein yield in both environments had a significant and negative correlation with grain moisture as well as bread volume. In the other hand, grain hardness showed a significant and positive correlation with the Zeleny sedimentation and water absorption in both environmental conditions. The results showed that the identification of favorable quality characteristics in normal and stressed conditions were possible and the lines with high grain quality can be used in breeding programs for improving baking quality. Although salinity caused the decrease in grain yield, the content of protein and the Zeleny sedimentation volume increased in this condition.

Keywords: Bakery quality, Zeleny sedimentation, Grain protein yield, Grain hardness

1. Former Ph.D. Student and Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extention Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Isfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a_arzani@iut.ac.ir