دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

تجزیه آماری عملکرد و صفات زراعی در بین نتایج تلاقی لاین‌های گندم تحت تنش شوری

مهناز قائدرحمتی[۱]، محسن مردی[۲]، محمد رضا نقوی[۳]، اسلام مجیدی هروان[۴]، بابک ناخدا[۵]، امین آزادی[۶] و قاسم محمدی نژاد[۷]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، (نویسنده مسوول: avinmahnaz @gmail.com)
۲، ۴ و ۵- دانشیار، استاد، استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج
۳- استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۶- استادیار، گروه اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری
۷- دانشیار، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۱۰

چکیده

شوری یکی از تنش‌های غیرزیستی مهم بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و از این طریق عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. هدف از این پژوهش، شناسایی صفات زراعی مرتبط با تغییرات عملکرد دانه گندم تحت شرایط نرمال و تنش شوری بود. به همین منظور، ۲۷۲ لاین اینبرد نوترکیب حاصل از تلاقی روشن × سبلان در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار و در دو شرایط نرمال و تنش شوری در مزرعه تحقیقاتی یزد در طی سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ کشت گردیدند. در هنگام برداشت عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه ارزیابی شدند. به منظور مطالعه روابط بین عملکرد دانه گندم و سایر صفات زراعی تحت هر دو شرایط نرمال و تنش شوری، از پنج روش آماری شامل همبستگی ساده، رگرسیون خطی چند گانه، رگرسیون گام به گام، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه عاملی استفاده شد. نتایج حاصل از همبستگی، رگرسیون گام به گام، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه عاملی نشان داد که عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مهم‌ترین متغیرهای تأثیر گذار بر عملکرد دانه تحت هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بودند. بنابراین می‌توان با افزایش عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت عملکرد دانه را تحت هر دو شرایط نرمال و تنش شوری افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: شوری، گندم، رگرسیون گام به گام، تجزیه عاملی

مقدمه

بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی در سرتاسر جهان شور می‌باشند که بالغ بر ۶ درصد از کل اراضی جهان می‌باشند (۳۷،۱۶). ایران با اقلیمی گرم و خشک دارای خاک‌های شور و سدیمی در حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار است که بیش از نیمی از سطح زمین‌های قابل کشت را در بر می‌گیرد. شوری عامل تغییرات فیزیولوژیکی گیاه و سمیت یونی و عدم تعادل غذایی، کمبود آب و فتوسنتز پایین در گیاه است (۱۴). پاسخ گیاهان به تنش شوری بسیار پیچیده است. این پاسخ از غلظت نمک، نوع یون‌ها، عوامل مختلف محیطی و مرحله رشد و نموی گیاه تاثیر می‌پذیرد. از یک سو، تنش اسمزی تحت شرایط شوری باعث آبگیری بافت‌های گیاهی می‌شود و به این دلیل آن را خشکی فیزیولوژیک هم می‌نامند. از سوی دیگر، مسمومیت یونی در اثر تجمع یون‌های خاص به ویژه سدیم ایجاد می‌گردد که موجب اختلال در واکنش‌های متابولیک گیاه می‌شوند. برای مقابله با این تنش‌ها، گیاهان با افزایش غلظت مواد محلول در شرایط شوری کم و ملایم، فشار اسمزی خود را حفظ می‌کنند (۴۲). طول دوره رشد رویشی و زایشی ارقام گندم تحت تنش شوری کاهش یافته و باعث زودرسی آن می‌شود (۳۳). این کاهش بطور معنی‌داری بر رشد و تولید ماده خشک گیاه اثر می‌گذارد. تاثیر منفی شوری بر رشد برگ‌ها و ساقه‌ها در گونه‌های مختلف گیاهی که منجر به کاهش بیوماس می شود توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (۴۰،۳۸،۲۴،۹،۶). تعیین عملکرد دانه در شرایط شوری مشکل است. زیرا تبدیل بیوماس اندام هوایی به بیوماس دانه مشکل است (۲۵،۱۷). در سطح پایین شوری سطح برگ و بیوماس اندام هوایی کاهش می‌یابد اما عملکرد دانه کاهش نمی یابد. این مسأله نشان می‌دهد که عملکرد دانه زمانی که شوری به یک حد آستانه می‌رسد کاهش می‌یابد و تا زمانی که به این حد نرسیده است کاهش عملکرد مشاهده نمی‌گردد (۴۴،۳۰). برای هر گونه یک سطح آستانه وجود دارد که در زیر سطح آستانه عملکرد کاهش نمی‌یابد ولی در بالای سطح آستانه با افزایش شوری عملکرد بطور خطی کاهش می‌یابد. کاهش رشد در شرایط شوری عمدتا با کاهش تعداد پنجه، تعداد سنبله و عملکرد در گندم همراه است. جعفری و شبستری (۲۶)، ۴۰۰ گندم ایرانی را در سه سطح شوری (۱، ۵، ۸ دسی زیمنس بر متر) در شرایط مزرعه‌ای در کالیفرنیا غربال کردند. در شوری بالا همبستگی پایینی بین عملکرد دانه با بیوماس، شاخص برداشت و شاخص حساسیت به استرس پیدا کرد و ذکر کرد که بعضی ژنوتیپ‌ها با شاخص حساسیت به استرس پایین (ظاهرا متحمل به شوری) عملکرد پایینی دارند. تنش شوری باعث کاهش پتانسیل عملکرد از طریق کاهش تعداد پنجه‌های بارور و تعداد دانه می‌شود (۱۳). پوستینی و سی و

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

سه مرده (۳۶) در آزمایش خود نشان دادند که در شرایط تنش شوری، عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در سنبله در گندم نان دارد. در مطالعات مختلف به وجود همبستگی مثبت و معنی دار بین وزن دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم نان و اهمیت آن در بهبود عملکرد دانه به عنوان شاخص انتخاب تاکید شده است (۲۱،۱۲). تنش شوری از طریق افزایش میزان عقیمی و تعداد دانه‌های پوک کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها ایجاد می‌کند (۳۱،۱۰). به نظر می‌رسد انتخاب ژنوتیپ‌هایی با قابلیت تولید بالا تحت شرایط استرس شوری مؤثرترین راه برای افزایش عملکرد دانه و بهبود تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گندم باشد (۴۱). تغییرات ژنتیکی جدید و تکنیک‌های مؤثر و کارا جهت شناسایی تحمل به شوری لازمه بهبود تحمل به شوری گونه‌های مختلف گیاهی است (۳۳). تنوع ژنتیکی را می‌توان با استفاده از صفات کلیدی و مهم مرتبط با تحمل به شوری شناسایی کرد و از طریق معرفی ژرم پلاسم متحمل به شوری توسط روش‌های مختلف اصلاحی به واریته‌ها از آن بهره برد (۱۱). توانایی یک ژنوتیپ برای رشد و عملکرد خوب تحت شرایط استرس شوری نشان‌دهنده تحمل به شوری آن ژنوتیپ می‌باشد. توافق کلی بسیاری از محققان بر این موضوع است که بیوماس و عملکرد دانه بعنوان هدف نهایی برای شناسایی تحمل به شوری واریته‌ها می‌باشد. از طرفی، عملکرد دانه یک صفت کمی است که به شدت تحت تأثیر محیط است و وراثت‌پذیری پایینی دارد. بنابراین با انتخاب ژنوتیپ‌ها بر حسب صفات ثانویه‌ای که وراثت‌پذیری و همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند می‌توان عملکرد دانه را تحت شرایط تنش افزایش داد (۱). معمولاً اجزاء عملکرد و صفات زراعی مرتبط با عملکرد وارثت‌پذیری بالاتری نسبت به عملکرد دانه دارند که می‌توانند بعنوان ملاکی برای شناسایی تحمل به شوری گیاه و بهبود عملکرد واریته‌های تحت شرایط استرس شوری و خشکی باشند (۲۸،۲۲). روش‌های آماری مختلفی به منظور ارزیابی عملکرد دانه و سایر صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه شامل رگرسیون گام به گام، تجزیه عاملی، تجریه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. بطور کلی شوری یکی از تنش‌های غیرزنده مهم به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این طریق عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. در این مطالعه، ارتباط بین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی گندم نان توسط روش‌های آماری مختلف مورد بررسی قرار گرفت و صفات مهم مرتبط با اصلاح ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط نرمال و شور مزرعه شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی مورد استفاده در این مطالعه شامل ۲۷۲ لاین اینبرد نوترکیب[1] (RIL) به‌همراه والدین روشن و سبلان و سه رقم شاهد کویر، بم و ارگ بود. جمعیت نوترکیب از تلاقی دو والد روشن و سبلان پس از ۸ نسل خودگشنی و گزینش از طریق روش اصلاحی بالک تک بذری بدست آمد. ژنوتیپ‌های نامبرده در قالب طرح آلفا لاتیس ۱۶×۱۶ با دو تکرار در کرت‌های شامل دو خط کاشت ۲ متری با فواصل بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و با تراکم ۴۵۰ دانه در مترمربع در آبان ماه در مزرعه تحقیقاتی یزد در دو شرایط نرمال و شور کاشته شدند. در شرایط شوری به منظور جوانه‌زنی و استقرار اولیه مناسب، آبیاری‌های اول و دوم با آب دارای EC حدود ۲ دسی زیمنس بر متر که از رودخانه تأمین گریده انجام شد. آبیاری‌های بعدی تا زمان رسیدن گیاهان با آب دارای هدایت الکتریکی حدود ۱۲ دسی زیمنس بر متر که از مخلوط کردن آب رودخانه با آب زهکش موجود در ایستگاه بدست‌آمده انجام شد. همچنین در شرایط شوری هدایت الکتریکی خاک حدود $ds.m^{-1}$ ۱۲-۱۰ بود. در هنگام برداشت صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله مورد ارزیابی قرار گرفتند. محاسبات آماری تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار SAS، تجزیه رگرسیون چندگانه، تجزیه رگرسیون گام به گام، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه عاملی با استفاده از نرم‌افزارهای MINITAB و SPSS انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه نشان داد که ارقام و لاین‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی غیر از تعداد سنبلچه در سنبله با هم تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). این مسأله حاکی از تنوع ژنتیکی بین لاین‌های اینبرد نوترکیب است. در بین صفات مورد ارزیابی، عملکرد دانه ضریب تغییرات بیشتر و صفات ارتفاع و طول سنبله ضریب تغییرات کمتری داشتند که نشاندهنده تأثیر محیط بر عملکرد دانه می‌باشد. مطالعات پیشین نیز تأثیر کم محیط برصفات فنولوژیک و تأثیر بالای محیط بر عملکرد دانه را گزارش نمودند (۴۵،۴۳،۳۵،۱۹،۲). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در مورد صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع، وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله معنی‌دار شد (جدول ۱) که بیانگر عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش شوری می‌باشد. معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ × محیط انتخاب ژنوتیپ‌های مفید را بر اساس صفات مورد مطالعه برای رنج وسیعی از محیط‌ها مشکل می‌سازد. به طوری که ارزیابی بر اساس صفت مورد مطالعه مختص به شرایط آب و هوایی خاص، منطقه شور، سطح شوری خاک و آب مورد نظر یزد می‌باشد و در دیگر محیط‌ها مفید نخواهد بود. در شرایط تنش کاهش میانگین صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله در والد حساس بیشتر از والد متحمل بود (جدول ۲). همچنین در شرایط تنش، شاخص برداشت در والد متحمل و لاین‌های اینبرد نوترکیب افزایش یافت که این مسأله می‌تواند به کاهش کمتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک مربوط باشد. شاخص برداشت از طریق افزایش مواد فتوسنتزی منجر به افزایش عملکرد می‌شود. بنابراین کافی بودن مواد فتوسنتزی در طول دوره رشد باعث می‌شود که در پایان دوره رشد مقدار قابل توجهی

1- Recombinant inbred line

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

از مواد فتوسنتزی به دانه وارد شوند و بدین طریق افزایش شاخص برداشت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. سایر محققان نیز شاخص برداشت را بعنوان معیاری در جهت افزایش عملکرد دانه تحت شرایط نرمال و تنش شوری گزارش کردند (۳۴،۲۳،۱۷،۳). بطور کلی می‌توان گفت مناسبترین صفت برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری صفتی است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و استرس داشته باشد. بنابراین ارزیابی همبستگی‌های بین صفات متحمل به شوری بخصوص همبستگی صفات با عملکرد دانه در هر دو محیط نرمال و استرس می‌تواند منجر به شناسایی مناسبترین صفات جهت انتخاب لاین‌های متحمل به شوری در برنامه‌های اصلاحی تولید ارقام جدید شود. بطور کلی تحت شرایط تنش شوری همبستگی مثبت و بالایی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد (جدول ۳). در تحقیقات پیشین نیز همبستگی مثبت و بالای عملکرد دانه با صفات نامبرده تحت شرایط تنش خشکی و شوری گزارش شده است (۴۵،۲۹،۲۷،۲۰،۵). همبستگی منفی و معنی‌داری بین شاخص برداشت و ارتفاع تحت شرایط تنش شوری مشاهده شد. این مسأله حاکی از آن است که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌ها با ارتفاع کمتر موجب افزایش شاخ و برگ و در نتیجه شاخص برداشت شدند. بنابراین در شرایط تنش انتخاب در جهت ارتفاع کمتر می‌تواند منجر به افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه شود. هبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با کلیه صفات مورد ارزیابی به جزء طول سنبله تحت شرایط شوری مشاهده شد (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، وزن خشک، ارتفاع گزارش شده است (۳۹،۸،۴). در هر دو شرایط نرمال و تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن هزار دانه و میزان عملکرد دانه مشاهده شد. در شرایط نرمال، برخلاف شرایط تنش همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد مشاهده نشد. در این مطالعه همبستگی مثبت و معنی داری بین ارتفاع و تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط تنش مشاهده شد. در ارقام پاکوتاه گندم تأثیر تنش شوری بر کاهش عملکرد از طریق صفت تعداد سنبلچه در سنبله گزارش شده است (۳۴). یکی از ملاک‌های مهم ارزیابی تحمل به شوری تعداد پنجه می‌باشد زیرا تنش شوری اثر خود را بخوبی بر تعداد پنجه در گیاه نشان می‌دهد. بطوری‌که محققان یکی از عوامل مهم افزایش تحمل به شوری را به افزایش ظرفیت بالای پنجه‌زنی گیاه نسبت دادند. از طرفی برخی از محققان کاهش تعداد پنجه تحت شرایط شوری را با کاهش تعداد سنبلچه در سنبله همراه دانستند بنابراین تعداد سنبلچه در سنبله می‌تواند یکی از پارامترهای مهم حساسیت به شوری باشد. ال هنداوی و همکاران (۱۳) تعداد سنبلچه در سنبله را به‌عنوان یک پارامتر ساده و مهم تحمل به شوری در مراحل اولیه رشد گیاه معرفی کردند. همبستگی مثبت بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری احتمالا به دلیل توانایی بالای گیاه در جذب مواد فتوسنتزی بیشتر می‌باشد در حالی‌که در شرایط نرمال همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه مشاهده نشد. این مسأله حاکی از آن است که افزایش یا کاهش عملکرد ارقام در شرایط نرمال متأثر از کاهش یا افزایش تعداد دانه در سنبله نبوده است. به نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در سنبله به منظور بهبود عملکرد در شرایط نرمال احتمالاً نمی‌تواند اثر مثبتی روی عملکرد دانه داشته باشد. اما می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد دانه گندم در شرایط تنش شوری داشته باشد همچنین می‌توان احتمال داد که در محیط نرمال با کاهش تعداد دانه در سنبله وزن هزار دانه افزایش یافته و در نهایت عملکرد دانه ثابت خواهد ماند. ارتباط عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه در شرایط نرمال مثبت‌تر از شرایط تنش بود. بنابراین می‌توان با انتخاب لاین‌هایی با ظرفیت بالای انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از بخش هوایی به دانه در شرایط تنش شوری عملکرد دانه را افزایش داد. بطور کلی در این مطالعه همبستگی بالایی بین صفات مرتبط با عملکرد و عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش مشاهده نشد این رابطه ضعیف می‌تواند ناشی از کمی بودن صفت عملکرد دانه و سهیم بودن صفات مختلف در عملکرد دانه باشد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در والدین، شاهدها و لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم در محیط‌های کاشت نرمال و شور مزرعه

Table 1. Analysis of combined variance of studied traits for parents, controls and recombinant inbred lines of wheat in control and salt- stress conditions

منابع	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	ارتفاع	طول سنبله	وزن سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در سنبله
مکان	۱	۲۳۴۳۸۳۹۰/۸**	۳۹۳۴۳۸۹۸۵/۵**	۲۰۹۰/۷	۶۶۶۴۹۸/۲**	۵۵۱۱۸/۵**	۶۴/۹**	۲۳۷۰**	۳۸۱۲**
خطای a	۲	۱۶۴۶۰/۱	۲۱۴۶۵۸۸/۱	۳۴۸/۵۷	۷۶۶/۴	۷۶۶/۴	۰/۴۵	۱۰۲/۶	۱۱۳/۴
ژنوتیپ‌ها	۲۸۸	۱۵۲۰۳/۸	۸۰۶۶۱/۳**	۴۴/۶***	۱۱۳/۶**	۱۱۳/۶**	۰/۴***	۳/۹	۶۸/۷**
ژنوتیپ × مکان	۲۸۸	۱۳۷۱۴/۳	۵۶۳۳۹/۴	۱۸/۱**	۵۶/۳	۵۶/۳	۰/۲۵***	۱/۹	۳۷/۲ ***
خطای b	۵۷۶	۶۶۲۴/۶	۵۴۵۶۹/۹	۱۴/۷	۷۷/۴	۷۷/۴	۰/۱۱	۴/۵	۲۴/۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/۱	۱۷/۵	۱۰/۶	۶/۷	۱۰	۱۵/۲	۱۳/۷	۱۵/۱

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱

جدول ۲- میانگین‌ها (± خطای استاندارد) صفات مورد بررسی برای والدین، شاهدها و ۲۷۲ لاین اینبرد نوترکیب حاصل تلاقی روشن × سبلان تحت شرایط نرمال و شوری در مزرعه

Table 2. Mean (±SD) of studied traits for parents, controls and 272 RILs derived from 'Roshan × Sabalan' cross in control and salt-stress conditions

ژنوتیپ	محیط	عملکرد دانه (گرم در کرت)	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع (سانتی متر)	طول سنبله (سانتی متر)	وزن سنبله (گرم)	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	شاخص برداشت
ارگ	نرمال	۵۸۱/۱۸±۵۰	۱۸۱۰±۶۰	۳۳/۸±۲/۳	۸۶/۸۳±۰/۵	۹۳/۴±۱۲/۲	۳±۰/۱۹	۱۵/۹۲±۰/۵	۴۶/۵±۲/۳	۳۰/۳۹±۳/۸
	تنش	۳۲۸/۵±۷/۵	۷۷۰/۱±۴۰	۴۰/۵±۱	۶۳/۵±۰/۵	۷۷/۵±۹/۲	۲/۵±۰/۳۲	۱۲/۸۶±۰/۸۳	۴۱/۶۵±۶/۳	۴۲±۱/۳
بم	نرمال	۶۲۳/۲±۹۷	۱۶۱۰±۱۱۰	۳۲/۹۷±۷	۱۰۰/۵±۱/۲	۹۲±۵/۸	۳/۶±۱/۳	۱۶/۱±۱/۵	۵۲±۹/۷	۳۵/۸۴±۳/۶
	تنش	۲۵۰±۳۲/۵	۶۱۸/۲±۱۳۰	۳۹/۶۴±۱/۱	۶۴/۶±۴/۵	۷۷/۷±۸/۵	۲/۴±۰/۱	۱۱/۹±۱/۱۶	۳۵/۹±۰/۶	۴۱/۹۵±۳/۹
کویر	نرمال	۵۶۴/۶±۵۱	۱۹۱۰±۷۰	۳۱/۲±۱/۲	۱۰۸/۸±۱۲/۵	۱۱۳/۴±۶/۳	۳/۱±۰/۰۲	۱۷/۰۵±۰/۳۳	۴۷/۲۵±۰/۲۵	۲۸/۸۵±۱/۶
	تنش	۲۳۲/۴±۳۵	۵۷۲/۲±۶۵	۳۲/۵±۱/۳	۶۱/۸±۱/۵	۹۴/۹±۱/۲	۲/۳±۰/۲۱	۱۳/۳۶±۱	۴۰/۷±۵	۴۱/۹±۱/۵
سبلان	نرمال	۷۹۴/۳±۱۳۰	۲۰۱۰±۶۰	۳۴/۵±۱/۷	۱۲۸/۶۷±۰/۶۷	۱۰۰/۶±۱۰/۳	۱/۹۸±۰/۲۹	۱۵/۷۵±۰/۸۳	۳۸±۵/۵	۳۷±۵/۴
	تنش	۳۰۵/۴±۲۲	۸۰۹/۳±۴۵	۳۳/۸±۱/۶	۷۳/۸±۲	۸۵/۹۶±۲/۲	۱/۵±۰/۰۴	۱۲/۱۶±۰/۱۷	۲۷/۹۳±۱/۴	۳۷/۵۸±۰/۷۳
روشن	نرمال	۵۰۰±۴۶	۱۸۵۰±۲۵	۳۵/۱±۰/۲	۱۲۷/۷±۳/۷	۹۱/۳±۹	۲/۱۶±۰/۳۷	۱۷/۲±۱/۸۳	۳۷/۲۵±۱	۲۶/۸±۲/۵
	تنش	۴۰۷/۶±۴۰	۱۰۰۴/۵±۱۲۵	۳۶/۷±۰/۷۵	۷۴/۷۴±۱/۵	۸۹/۷±۰/۲۵	۲/۰۳±۰/۰۷	۱۵/۸±۰/۱۶	۳۵/۰۷±۰/۶۴	۴۰/۹±۱/۲
لاین‌های اینبرد نوترکیب (RILs)	نرمال	۵۶۷/۷±۱۱۲/۶	۱۹۷۴/۵±۲۴۴	۳۹/۹±۲/۳	۱۲۴/۱۵±۹/۴۸	۹۵±۷/۵	۲/۳۶±۰/۳۶	۱۷/۰۳±۱/۲۵	۳۴/۱۸±۴/۵	۲۹/۷۲±۶/۱
	تنش	۲۸۲/۵±۵۱	۷۵۵/۲±۱۱۴	۳۷/۵۶±۵/۳	۷۵/۰۳±۵/۷۹	۸۱/۲±۵/۵	۱/۸۹±۰/۳	۱۳/۹۴±۱/۱	۳۰/۸±۴/۶	۳۷/۵۷±۴/۸

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین و شاهد در شرایط نرمال و تنش شوری (عناصر پایین قطر همبستگی‌ها در شرایط استرس و عناصر بالای قطر همبستگی‌ها در شرایط نرمال)

Table 3. Simple correlation coefficients between traits measured on RILs, parents and controls in control (upper part of diagonal) and salt-stress conditions (beneath part of diagonal)

صفات	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	ارتفاع	طول سنبله	وزن سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	تعد دانه در سنبله	شاخص برداشت
عملکرد دانه	۱	۰/۲۱***	۰/۲ ***	۰/۱۲ ns	−۰/۱۴***	۰/۰۵ ns	۰/۰۴ns	۰/۰۷ns	۰/۷۵***
عملکرد بیولوژیک	۰/۷۴***	۱	۰/۰۳ns	۰/۱*	−۰/۰۳ns	−۰/۰۳ ns	۰/۱۴ **	−۰/۰۹ns	−۰/۳۴***
وزن هزار دانه	۰/۲۲***	−۰/۲۲***	۱	−۰/۲***	۰/۱۲*	۰/۱۵ **	−۰/۲۱***	−۰/۱۶**	۰/۲۳***
ارتفاع	۰/۱***	۰/۴۹***	−۰/۴۸***	۱	−۰/۰۰۲ns	−۰/۲۱***		−۰/۲۲***	−۰/۲۴***
طول سنبله	۰/۰۶ns	۰/۲۱***	−۰/۳۳***	۰/۲۶***	۱	۰/۰۶ ns	۰/۲۶***	۰/۲۱***	−۰/۰۹ns
وزن سنبله	۰/۳۱***	−۰/۰۱ns	۰/۳۶***	−۰/۳۱ ***	۰/۰۳ns	۱	۰/۲۶***	۰/۴۷***	۰/۰۷ns
تعداد سنبلچه در سنبله	۰/۱۵**	۰/۲۸***	−۰/۳۲***	۰/۲۱ ***	۰/۲۴***	۰/۴۳***	۱	۰/۴۸***	۰/۰۷ ns
تعداد دانه در سنبله	۰/۱۶**	۰/۰۹ns	−۰/۲۳***	۰/۰۷ns	۰/۲۳***	۰/۵۸***	۰/۵۱***	۱	۰/۲**
شاخص برداشت	۰/۵۹***	−۰/۰۹ns	۰/۵۷***	−۰/۴۴ ***	−۰/۱۲*	۰/۴۸***	۰/۱ns	۰/۱۶ **	۱

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ ns : عدم معنی‌داری

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

تجزیه رگرسیون خطی چند متغیره

به منظور پیش‌بینی صفات مهم توجیه کننده عملکرد دانه تجزیه رگرسیون چند متغیره انجام پذیرفت. برای تشکیل معادله رگرسیونی چندگانه، عملکرد دانه بعنوان متغیر وابسته و سایر صفات زراعی بعنوان متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب رگرسیون و آزمون t جهت معنی‌داری متغیرهای مورد مطالعه مؤثر بر عملکرد دانه در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان داد که در شرایط نرمال، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت و در شرایط تنش، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، طول سنبله و وزن هزار دانه بطور معنی‌داری نقش مهمی در عملکرد دانه داشتند. سایر متغیرها نقش معنی‌داری بر عملکرد نداشتند. در شرایط نرمال و تنش صفات مذکور به ترتیب ۸۱ و ۹۱ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند و مابقی تغییرات برای شرایط نرمال و تنش به ترتیب ۱۹ و ۹ درصد می‌تواند به علت اثرات باقی مانده باشد. در پژوهش‌های دیگر روی تنش خشکی عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مهمترین ویژگی مرتبط با عملکرد بودند (۴۵،۳۲،۱۵).

جدول ۴- تجزیه رگرسیون خطی چند متغیره بین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین و شاهدها تحت شرایط نرمال و تنش شوری

Table 4. Analysis of multivariate linear regression between grain yield and other agronomic traits on RILs, parents and controls under control and salt- stress conditions

صفات	شرایط	ضرایب رگرسیون (b)	اشتباه استاندارد (SE)	t	احتمال معنی‌داری
عملکرد بیولوژیک	نرمال	۰/۵۲	۰/۰۰۵	۱۸/۲۵	۰/۰۰۰ **
	تنش	۰/۸۱۶	۰/۰۰۳	۱۱۴/۶۸	۰/۰۰۰ **
وزن هزار دانه	نرمال	۰/۰۰۶	۵۱/۳۹	۰/۲۱	۰/۸۳ ns
	تنش	۰/۰۲۱	۰/۱	۲/۰۳	۰/۰۴ *
ارتفاع	نرمال	۰/۰۳۵	۰/۲۱	۱/۲۱	۰/۲۳ ns
	تنش	-۰/۰۰۱	۰/۰۷۱	-۰/۱۴	۰/۸۸ ns
طول سنبله	نرمال	-۰/۰۴۷	۰/۴۱	-۱/۶۹	۰/۰۹ ns
	تنش	-۰/۰۲۱	۰/۰۶۲	-۳/۲	۰/۰۰۲ *
وزن سنبله	نرمال	۰/۰۱۲	۷/۳	۰/۳۷	۰/۷۱ ns
	تنش	۰/۰۰۵	۱/۸۸	۰/۴۷	۰/۶۴ ns
تعداد سنبلچه در سنبله	نرمال	۰/۰۶۱	۲/۹	۱/۸۸	۰/۰۶ ns
	تنش	-۰/۰۰۱	۰/۳۸	-۰/۱۲	۰/۹ ns
تعداد دانه در سنبله	نرمال	-۰/۰۴	۰/۷۹	-۱/۱۴	۰/۲۵ ns
	تنش	-۰/۰۰۴	۰/۱	-۰/۳۸	۰/۷ ns
شاخص برداشت	نرمال	۰/۹۳۶	۰/۵۳	۳۱/۴۳	۰/۰۰۰ **
	تنش	۰/۶۴۶	۰/۰۹۳	۷۸/۹۴	۰/۰۰۰ **

نرمال Y-intercept (a) =-۱۲۶/۴۴ SE=۴۸/۹۳ R^2=۰/۸۱۴ Adjusted R^2 =۰/۸۰۸

تنش Y-intercept (a)=-۲۶۳/۵۵ SE=۵/۱۶ R^2=۰/۹۹ Adjusted R^2 =۰/۹۹

تجزیه رگرسیون گام به گام

به منظور تعیین صفات با بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه و تعیین سهم هر یک از صفات از رگرسیون گام به گام استفاده شد. نتایج رگرسیون گام به گام در جدول ۵ نشان داد که در شرایط نرمال اولین متغیر وارد شده به مدل شاخص برداشت بود که ۵۵/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. همبستگی مثبت و بالا بین شاخص برداشت و عملکرد دانه تحت شرایط نرمال با توجه به این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد. در مرحله بعدی عملکرد بیولوژیک با ضریب تبیین ۲۵ درصد به مدل وارد شد. بطور کلی دو متغیر شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک ۸۰/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند. ارشد و زهراوی (۷) صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب بعنوان اولین و دومین متغیر وارد شده به مدل در شرایط نرمال معرفی کردند. در شرایط تنش اولین متغیری که وارد مدل شد عملکرد بیولوژیک بود که ۵۵/۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کرد. در مرحله دوم شاخص برداشت وارد مدل شد که ۴۳/۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. همبستگی مثبت و بالای عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تحت شرایط شوری تأئید کننده این مدل می‌باشد. دو صفت مذکور ۹۹ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. قلی‌زاده و همکاران (۱۸) نیز عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را بعنوان مهم‌ترین صفت تأثیر گذار بر عملکرد دانه در شرایط شوری گزارش کردند. صفات طول سنبله و وزن هزار دانه به ترتیب در مراحل سوم و چهارم وارد مدل شدند. صفت طول سنبله با عملکرد دانه همبستگی معنی داری نداشت، که این موضوع نشان دهنده اثرات منفی بالای صفات با صفت طول سنبله می‌باشد. در صورت ثابت بودن سایر صفات همبستگی بین صفات طول سنبله و وزن هزار دانه با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار است. توجیه عملکرد با صفت طول سنبله می‌تواند به این گونه بیان شود که با افزایش طول سنبله، وزن دانه در سنبله نیز تغییر یافته و در نهایت عملکرد تغییر می‌یابد. ضرایب بتای صفات طول سنبله و وزن هزار دانه معنی‌دار شدند اما با توجه به ضریب تبیین بدست آمده برای این دو متغیر، تأثیر چندانی بر توجیه تغییرات عملکرد نداشتند. با توجه به اینکه بین متغیرها رابطه همبستگی وجود

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

دارد و رابطه‌ای متعامد بین متغیرها حاکم نمی‌باشد، بنابراین جهت تعیین اهمیت متغیرهای وارد شده به مدل ضرایب بتای بالا و معنی دار نمی‌توانند ملاک مناسبی باشد. در این حالت ضریب تبیین و ضریب همبستگی حائز اهمیت می‌باشند. دو متغیر طول سنبله و وزن هزار دانه وارد شده به مدل تأثیر چندانی بر توجیه تغییرات عملکرد دانه نداشتند و از طرفی ضریب همبستگی پایینی با عملکرد دانه داشتند. بطور کلی شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری سهم بزرگی در توجیه عملکرد دانه داشتند. به نظر می‌رسد صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک در برنامه‌های اصلاحی افزایش عملکرد ارقام و لاین‌ها در شرایط نرمال و تنش شوری سهم بسزایی داشته باشند. بطور کلی اهمیت دو صفت نامبرده در توجیه عملکرد در دو شرایط نرمال و تنش شبیه به هم نیستند. ضرایب رگرسیون صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در شرایط تنش شوری به ترتیب بیشتر و کمتر از شرایط نرمال بود. همچنین می‌توان بر اساس بزرگ بودن ضرایب رگرسیون استاندارد شده استنباط کرد که کدام صفت اثر بیشتری در توجیه تغییرات عملکرد دارد. بنابراین می‌توان بیان کرد که عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش و شاخص برداشت در شرایط نرمال بیشترین اهمیت را در توجیه عملکرد دانه داشتند. همچنین در شرایط تنش و نرمال به ترتیب عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اولین صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند.

جدول ۵- الف) نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام جهت پیش‌بینی صفات توجیه کننده عملکرد دانه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین و شاهدها تحت شرایط نرمال (الف) تحت شرایط تنش شوری (ب)

Table 5. Results of stepwise regression analysis for prediction of traits explaining grain yield on RILs, parents and controls under control (a) salt- stress conditions (b)

گام	متغیرهای وارد شده	ضریب رگرسیون	اشتباه استاندارد (SE)	t	احتمال معنی‌داری	R^2
۱	شاخص برداشت	۰/۹۳	۰/۴۹۸	۳۲/۹۵	۰/۰۰۰**	۰/۵۵۸
۲	عملکرد بیولوژیک	۰/۵۳۲	۰/۰۰۴	۱۸/۸۶	۰/۰۰۰**	۰/۲۵

Y-intercept =−۸۳/۶۲ SE =۴۹/۲۱ R^2 =۰/۸۰۸ Adjusted R^2 =۰/۸۰۶

جدول ۵- ب)

گام	متغیرهای وارد شده	ضریب رگرسیون	اشتباه استاندارد (SE)	t	احتمال معنی‌داری	R^2
۱	عملکرد بیولوژیک	۰/۸۱۵	۰/۰۰۳	۱۳۲/۶۶	۰/۰۰۰**	۰/۵۵
۲	شاخص برداشت	۰/۶۴۷	۰/۰۸۳	۸۹/۰۳	۰/۰۰۰**	۰/۴۳۵
۳	طول سنبله	−۰/۰۲۱	۰/۰۶	−۳/۲۹	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۱
۴	وزن هزار دانه	۰/۰۲۴	۰/۰۷۷	۳/۰۵	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰

Y-intercept =−۲۵۶/۶۸ SE=۵/۱۳ R^2 =۰/۹۹ Adjusted R^2 =۰/۹۹

تجزیه علیت

به‌منظور تعیین شاخص‌های گزینش برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا بایستی نتایج تجزیه همبستگی و رگرسیون را به‌وسیله تجزیه علیت مورد مطالعه قرار داد. نتایج تجزیه علیت برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر متغیرهای باقی‌مانده در مدل رگرسیونی به‌عنوان متغیر مستقل در جدول ۶ آمده است. در شرایط نرمال صفت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک به ترتیب از بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه برخوردار بودند (جدول ۶- الف). صفات وزن هزار دانه و طول سنبله اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه داشتند. بزرگترین اثر غیرمستقیم مثبت نیز مربوط به وزن هزار دانه از طریق شاخص برداشت بود. بنابراین هر چند وزن هزار دانه اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه نداشت ولی از طریق افزایش شاخص برداشت باعث افزایش عملکرد می‌شود. همچنین همبستگی بالای شاخص برداشت با عملکرد دانه در بوته می‌تواند به دلیل اثر غیرمستقیم آن از طریق وزن هزار دانه باشد. در شرایط استرس، صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب از بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه برخوردار بودند (جدول ۶- ب). از نتایج تجزیه علیت می‌توان استنباط نمود که در شرایط نرمال به ترتیب شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش به ترتیب عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه بودند و اصلاح در جهت افزایش این صفات قادر است عملکرد بوته را افزایش دهد. زیرا سهم بزرگی از ضریب همبستگی این صفات با عملکرد دانه گندم مربوط به اثر مستقیم آنها بر این صفت می‌باشد. همزمان می‌توان اثرات غیر مستقیم وزن هزار دانه از طریق شاخص برداشت بر عملکرد دانه را برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا مورد توجه قرار داد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

جدول ۶- الف) تجزیه علیت بین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی وارد شده در مدل رگرسیونی تحت شرایط نرمال (الف) تنش شوری (ب)
Table 6. Path analysis between grain yield and other agronomic traits entered in the regression model under control (a) salt- stress conditions (b)

	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			
صفت		شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	طول سنبله
شاخص برداشت	۰/۹۷۳	------	-۰/۱۹۷	-۰/۰۳۲	۰/۰۰۱
عملکرد بیولوژیک	۰/۵۷۸	-۰/۳۳۱	-----	-۰/۰۳۱	-۰/۰۰۵
وزن هزار دانه	-۰/۱۳۸	۰/۲۲۳	۰/۱۲۷	-----	۰/۰۰۶
طول سنبله	-۰/۰۲	-۰/۰۸	۰/۱۲۱	۰/۰۴۵	----
اثرات باقی مانده	۰/۴۲۵				

جدول ۶- ب)

	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق	
صفت		شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک
شاخص برداشت	۰/۶۵۹	------	-۰/۰۷۳
عملکرد بیولوژیک	۰/۸۰۴	-۰/۰۶	---------
اثرات باقی مانده	۰/۱۱۷		

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، کاهش حجم داده‌ها و تفسیر بهتر روابط صفات از تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. مناسب بودن داده‌ها جهت تحلیل مؤلفه‌های اصلی توسط آزمون KMO با استفاده از نرم‌افزار SPSS سنجیده شد و مؤلفه‌هایی که دارای مقادیر ویژه بزرگتر از یک بودند انتخاب شدند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جدول ۷ نشان می‌دهد که سه مؤلفه اول در هر دو شرایط نرمال و تنش دارای مقادیر ویژه مساوی و بزرگتر از یک بودند که در مجموع ۶۰/۳ و ۷۲/۹ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. بدین ترتیب که در شرایط تنش، صفات شاخص برداشت، ارتفاع، طول سنبله، وزن هزار دانه با مؤلفه اول، صفات تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله با مؤلفه دوم عملکرد بیولوژیک با مؤلفه سوم همبستگی نسبتا خوبی داشتند. در شرایط نرمال، مؤلفه اول بیانگر صفات تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، مؤلفه دوم نشان‌دهنده صفات شاخص برداشت و ارتفاع، مؤلفه سوم تبیین‌کننده عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و طول سنبله بودند. بهشتی‌زاده و همکاران (۸) با تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط نرمال وجود چهار مؤلفه اصلی تبیین‌کننده صفات را گزارش کردند بطوریکه در مؤلفه اول صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، در مؤلفه دوم صفت ارتفاع و در مؤلفه سوم صفت وزن هزار دانه، عملکرد دانه را تبیین کردند.

جدول ۷- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه برای صفات مورد مطالعه لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین و شاهدها تحت شرایط نرمال و تنش شوری با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
Table 7. Eigen values and vectors for traits measured on RILs, parents and controls under control and salt-stress using main components analysis

متغیرها	شرایط	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	مؤلفه پنجم	مؤلفه ششم	مؤلفه هفتم	مؤلفه هشتم
عملکرد بیولوژیک	نرمال	-۰/۰۲۴	۰/۳۷۸	-۰/۶۷۶	-۰/۱۰۵	-۰/۰۸	۰/۴۸۶	-۰/۳۷۷	۰/۰۶
	تنش	۰/۳۲۶	۰/۱۴۳	۰/۷۳۶	-۰/۰۷۶	۰/۲۴۳	۰/۴۹۳	۰/۱۵	-۰/۰۳۱
وزن هزار دانه	نرمال	۰/۱۴۲	-۰/۴۳۷	-۰/۴۴۶	-۰/۲۷	۰/۵۸۷	۰/۰۲۵	۰/۲۸۷	-۰/۲۹۸
	تنش	-۰/۵۱	-۰/۰۷۱	۰/۳۷۴	۰/۰۵۲	-۰/۴۳۲	-۰/۰۵۴	۰/۳۰۸	۰/۵۶
ارتفاع	نرمال	۰/۱۵	۰/۴۷۴	۰/۱۷۷	۰/۳۷۲	۰/۶۵۷	-۰/۱۲۷	-۰/۲۹۲	-۰/۲۲۴
	تنش	۰/۴۸۶	-۰/۰۶۷	۰/۳۴	-۰/۰۸۴	-۰/۰۹۷	-۰/۷۸۹	۰/۰۵۳	۰/۰۴۱
طول سنبله	نرمال	-۰/۳۱۷	۰/۱۶۴	۰/۳۳۷	-۰/۸۰۵	۰/۲۲۵	-۰/۰۰۳	-۰/۲۴۱	۰/۰۴۳
	تنش	۰/۲۹۵	۰/۲۱۲	-۰/۰۵۵	۰/۸۹۳	-۰/۲۴۳	۰/۰۷۹	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵
وزن سنبله	نرمال	-۰/۴۶۴	-۰/۲۴	-۰/۳۲۶	۰/۱۶۶	۰/۱۵۵	-۰/۵۴	-۰/۳۳۹	۰/۴۰۳
	تنش	-۰/۲۴۲	۰/۵۵۹	۰/۰۶۶	-۰/۰۸۹	-۰/۲۵۲	-۰/۱۳۷	۰/۳۵۳	-۰/۶۴
تعداد سنبلچه در سنبله	نرمال	-۰/۵۲۱	۰/۲۳۵	۰/۰۳۱	۰/۱۸۴	۰/۲۷۴	۰/۳۳۵	۰/۵۸۷	۰/۳۲۷
	تنش	۰/۲۴۶	۰/۴۸۷	-۰/۰۶۸	-۰/۳۴	-۰/۴۸۱	۰/۱۵۴	-۰/۵۱۷	۰/۲۴۴
تعدا دانه در سنبله	نرمال	-۰/۶۰۷	-۰/۰۸۲	-۰/۰۰۱	۰/۱۶	-۰/۱۷۷	۰/۰۵۸	-۰/۰۹۲	-۰/۷۴۶
	تنش	۰/۰۵۸	۰/۵۶۹	-۰/۲۶۵	-۰/۰۴۵	۰/۵۱۷	-۰/۱۳۹	۰/۳۲۳	۰/۴۵۸
شاخص برداشت	نرمال	-۰/۰۲۶	-۰/۵۴۲	۰/۳۰۳	۰/۲۰۸	۰/۱۹	۰/۵۸۳	-۰/۴۰۵	۰/۱۷۵
	تنش	-۰/۴۳۳	۰/۲۳۷	۰/۳۴۷	۰/۲۴۷	۰/۳۵۴	-۰/۲۵۲	-۰/۶۱۹	-۰/۰۵۳
مقادیر ویژه	نرمال	۱/۹۸	۱/۷۳	۱/۱۱	۰/۸۶	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۴۶	۰/۳۷
	تنش	۲/۶۳	۲/۲	۱	۰/۸	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۱۶
درصد تغییرات توجیه شده توسط مؤلفه‌ها	نرمال	۰/۲۴۷	۰/۲۱۷	۰/۱۳۹	۰/۱۰۸	۰/۰۹۹	۰/۰۸۶	۰/۰۵۸	۰/۰۴۷
	تنش	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۲
درصد تجمعی	نرمال	۰/۲۴۷	۰/۴۶۴	۰/۶۰۳	۰/۷۱۱	۰/۸۱	۰/۸۹۵	۰/۹۵۳	۱
	تنش	۰/۳۲۹	۰/۶	۰/۷۲۹	۰/۸۲۹	۰/۸۹	۰/۹۳۸	۰/۹۸	۱

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

تجزیه به عامل‌ها

در روش تجزیه به عاملی عوامل مستقل مؤثر بر صفات مهم گیاهی شناسایی می‌شوند. علی‌رغم اینکه در تجزیه عاملی، عامل‌های انتخابی به طریق مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند اما اصلاح در جهت افزایش یا کاهش آنها بوسیله تغییر در اجزاء آنها امکان‌پذیر است. نتایج مربوط به تجزیه عاملی منجر به شناسایی سه عامل تحت هر دو شرایط نرمال و تنش شد (جدول ۸). تحت شرایط نرمال، عامل اول ۲۳/۳۵ درصد واریانس کل را توجیه کرد و بزرگترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله بود نام پیشنهادی برای این عامل، عامل تراکم سنبله در نظر گرفته شد. دومین عامل شامل وزن هزار دانه، ارتفاع، وزن سنبله (با نام پیشنهادی وزن دانه) ۱۸/۷۹ درصد و سومین عامل عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ۱۸/۳۱ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و نام عامل، عملکرد نامیده شد. این عامل نشاندهنده ارتباط قوی بین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت می‌باشد. نتایج همبستگی ساده صفات نیز حاکی از وجود همبستگی‌های معنی‌دار بین صفات نامبرده است. اهری‌زاد و همکاران (۳) تجزیه عاملی را برای ۹۴ لاین اینبرد حاصل از تلاقی روشن × سوپرهد انجام دادند و صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله در عامل اول و ارتفاع گیاه، طول پدانکل، طول سنبله و وزن هزار دانه در عامل دوم، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در عامل دیگر قرار گرفتند. تحت شرایط تنش (جدول ۸)، اولین عامل دارای بار عاملی مثبت و بزرگ برای وزن هزار دانه و شاخص برداشت بود و ۲۶/۹۱ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد و عامل شاخص برداشت نامیده شد. دومین عامل شامل وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله (با نام پیشنهادی تراکم سنبله) ۲۶/۸۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کرد. ضرایب بالای صفات در این عامل نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های با ارزش‌های بالای دومین عامل، سنبله های بارور و بیشتر همراه با تعداد دانه و وزن دانه بیشتر بدون در نظر گرفتن سایر صفات نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارند و این صفات تأثیر بسزایی بر عملکرد دانه دارند. در سومین عامل عملکرد بیولوژیک و ارتفاع دارای بار عاملی مثبت و بزرگ بودند که ۱۹/۰۶ درصد از کل تغییرات را تبیین کردند. نام پیشنهادی این عامل، عملکرد بیولوژیک می‌باشد.

جدول ۸- ضرایب عاملی و واریانس نسبی و تجمعی عامل‌ها برای صفات مورد ارزیابی در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان به همراه والدین و شاهدها

Table 8. Factor coefficients, relative and cumulative variance of factors for trait measured on RILs, parents and controls

متغیرها	شرایط	عامل ۱	عامل ۲	عامل ۳	میزان اشتراک
عملکرد بیولوژیک	نرمال	-۰/۰۱۴	۰/۰۸۹	۰/۸۶۸	۰/۷۶۲
	تنش	۰/۰۱۶	۰/۱۲۳	۰/۹۲۲	۰/۸۶۵
وزن هزار دانه	نرمال	-۰/۴۳۵	۰/۶۳۷	-۰/۰۱۸	۰/۵۹۶
	تنش	۰/۸۵	-۰/۲۷۳	-۰/۱۶۱	۰/۸۲۴
ارتفاع	نرمال	-۰/۰۱۵	-۰/۶۴	۰/۲۵۸	۰/۴۷۶
	تنش	-۰/۴۸۹	-۰/۰۲۷	۰/۷۱۳	۰/۷۴۸
طول سنبله	نرمال	۰/۵۷۹	-۰/۱۷۷	-۰/۰۸۶	۰/۳۷۴
	تنش	-۰/۳۲۱	۰/۴۰۴	۰/۲۵۵	۰/۳۳۱
وزن سنبله	نرمال	۰/۳۹۷	۰/۶۴۳	۰/۱۰۸	۰/۵۸۴
	تنش	۰/۵۹۵	۰/۶۹۸	-۰/۰۸۵	۰/۸۴۸
تعداد سنبلچه در سنبله	نرمال	۰/۷۷۹	۰/۰۱۳	۰/۱۹۷	۰/۶۴۶
	تنش	-۰/۱۴۳	۰/۷۸۱	۰/۲۳۹	۰/۶۸۷
تعداد دانه در سنبله	نرمال	۰/۷۵۸	۰/۳۲۹	-۰/۰۶۳	۰/۶۸۷
	تنش	۰/۰۳۶	۰/۸۸۵	-۰/۰۸۱	۰/۷۹۲
شاخص برداشت	نرمال	-۰/۰۵۵	۰/۳۵۴	-۰/۷	۰/۶۱۹
	تنش	۰/۸۴۸	۰/۱۱۶	-۰/۰۷۶	۰/۷۳۸
واریانس عامل (٪)	نرمال	۲۳/۳۵	۱۸/۷۹	۱۸/۱۶	۶۰/۳
	تنش	۲۶/۹۹	۲۶/۸۵	۱۹/۰۶	۷۲/۹

همچنین نتایج نشان دادند که تحت شرایط نرمال، عملکرد بیولوژیک بالاترین اشتراک و در نتیجه نقش نسبی بالا در عملکرد دانه را داشت در صورتی که تحت شرایط تنش عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و وزن هزار دانه بالاترین اشتراک و در نتیجه نقش نسبی بالا در عملکرد دانه داشتند. در شرایط تنش شوری به ترتیب صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت وارد مدل رگرسیونی شدند که با توجه به نتایج تجزیه به عاملی عملکرد بیولوژیک در عامل سوم و شاخص برداشت در عامل اول دارای ضریب عاملی بزرگی بودند. میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می شود هرچه میزان آن بیشتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوط می‌باشد. در شرایط تنش شوری میزان اشتراک اکثر صفات بالا بود (جدول ۸). این موضوع نشان می

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

دهد که تعداد عامل‌های انتخابی مناسب بوده و این عامل‌ها توانستند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. با توجه به میزان اشتراک صفات عملکرد بیولوژیک (۰/۸۶۵) و طول سنبله (۰/۳۳۱) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بودند.

روش‌های آماری مورد مطالعه نشان داد که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک از مهمترین صفات توجیه‌کننده عملکرد تحت شرایط نرمال و تنش شوری می‌باشند و اصلاح در جهت صفات نامبرده می‌تواند عملکرد دانه را افزایش دهد. بنابراین عملکرد بالای دانه را می‌توان با گزینش لاین‌هایی با عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بالا تحت شرایط نرمال و تنش شوری بدست آورد. البته تأثیر این صفات در دو شرایط نرمال و تنش به یک اندازه نمی‌باشد. نقش شاخص برداشت در شرایط تنش شوری کمتر می‌باشد. به بیان دیگر در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌هایی با رشد رویشی بالا می‌توانند عملکرد بیولوژیک بالایی داشته باشند و در نهایت عملکرد دانه بهبود یابد. افزایش عملکرد در شرایط نرمال نیز حاصل توزیع مجدد بیشتر مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به زایشی گیاه و در نهایت افزایش شاخص برداشت می‌باشد.

منابع

1. Abdolshahi, R., M. Nazari, A. Safarian, T.S. Sadathossini, M. Salarpour and H. Amiri. 2015. Integrated selection criteria for drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs using discriminant analysis. Field Crops Research, 174: 20-29.
2. Abedini, S., Gh. Mohammadi-Nejad and B. Nakhoda. 2016. Evaluation of agronomic traits and yield potential diversity inbreed wheat inbred lines (*Triticum aestivum* L.) derived from Roshan × Falat cultivar. Journal of Crop Breeding, 8: 1-10 (In Persian).
3. Aharizad, S., M. Sabzi, S.A. Mohammadi and E. Khodadadi. 2012. Multivariate analysis of genetic diversity in wheat (*Triticum aestivum* L.) recombinant inbred lines using agronomic traits. Annals of Biological Research, 3: 2118-2126.
4. Ahmad, M., M. Munir, A. Shahzad and M. Masood. 2011. Evaluation of bread wheat genotypes for salinity tolerance under saline field conditions. African Journal of Biotechnology, 10: 4086-4092.
5. Ali, Z., A. Salam and M.A. Asad. 2002. Salt tolerance in bread wheat: genetic variation and heritability for growth and ion relation. Asian Journal Plant Science, 1: 420-422.
6. Ali Dinar, H.M., G. Ebert and P. Ludders. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. Gartenbauwissenchaft, 64: 54-59.
7. Arshad, A. and M. Zahravi. 2011. Study of genetic diversity and relations between agronomic and morphological traits on section from wheat collection germplasm of Iran national plant gene bank. Modern Genetic, 17: 97-107 (In Persian).
8. Beheshtizadeh, H., A.H. Rezaie, A.M. Rezaie and A. Ghandi. 2013. Principle component analysis and determination of the selection criteria in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. International Journal of Agriculture and Crop Science, 18: 2024-2027.
9. Chartzoulakis, K. and G. Klapaki. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Horticultural Science, 86: 247-260.
10. Colmer, T.D., T.J. Flowers and R. Munns. 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany, 57: 1059-1078.
11. Dehghani, H., J. Dvorak and N. Sabaghnia. 2012. Biplot analysis of biomass and seed yield of bread wheat in salt condition. Annals of Biological Research, 3: 4246-4253.
12. Ehdaie, B. and J.G. Waines. 1989. Genetic variation, heritability and path analysis in landraces of bread wheat from South Western of Iran. Euphytica, 41: 183-190.
13. EL-Hendawy, S.E., H.U. Yuncai, A.M. Awad, S.E. Hafiz and U. Schmidhalter. 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiples parameters. European Journal of Agronomy, 22: 243-253.
14. EL-Hendawy, S.E., Y. Hu and U. Schmidhalter. 2007. Assessing the suitability of various physiological traits screen wheat genotypes for salt tolerance. Journal of Integrative Plant Biology, 49: 1-9.
15. Eradatmand-Asli, D. and M. Ghandian Zanjan. 2014. Yield changes and wheat remarkable traits influenced by salinity stress in recombinant inbred lines. International Journal of Farming and Allied Sciences (IJFAS), 3: 165-170.
16. FAO. 2010. FAO land and plant nutrition management service. www. FAO. Org.
17. Francois, L.E., C.M. Grieve, E.V. Mass and S.M. Lesch. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal, 86: 100-107.
18. Gholizadeh, A., H. Dehghani and Y. Dvorak. 2014. Yield analysis of bread wheat under saline conditions using some statistical procedures. Scientific Journal of Biological Science, 3: 37-46.
19. Golabadi, M. and A. Arzani. 2003. Study of genetic diversity and factor analysis for agronomic characteristic in durum wheat. Iran Agricultural Sciences Journal, 1: 115-125 (In Persian).
20. Golparvar, A.R., M.R. Ghanadha, A. Zali and A. Ahmadi. 2002. Identity of the best selection traits for yield improvement of bread wheat genotypes under drought conditions. Seed and Plant Journal, 2: 18-29 (In Persian).
21. Guertin, W.H. and J.P. Bailey. 1982. Introduction to Modern factor Analysis. Edward, Brothers, Inc., Michigan, pp: 50-51.
22. Haman, K.A. and O. Negim. 2014. Evaluation of wheat genotypes and some soil properties under saline water irrigation. Annals of Agricultural Science, 59: 165-176.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

23. Heidari, M., A.M. Bakhshandeh, H. Nadidan, G. Fathi and K.H. Alemisaid. 2006. Effects of salinity and nitrogen rates on grain yield, somatic adjustments and sodium and potassium uptake in wheat cultivar Chamran. Iran Agricultural Science Journal, 37: 501-513.
24. Hernandez, J.A., E. Olmos, F.J. Corpas, F. Sevilla and L.A. Del Rio. 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. Plant Science, 105: 151-167.
25. Husain, S., R. Munns and A.G. Condon. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. Australian Journal of Agricultural Research, 54: 589-597.
26. Jafari-Shabestari, J., H. Corke and C.O. Qualset. 1995. Field evaluation of tolerance to salinity stress in Iranian hexaploid wheat landrace accessions. Genetic Resources and Crop Evaluation, 42: 147-156.
27. Kelman, W.M. and C.O. Qualest. 1999. Breeding for salinity-stressed environments: Recombinant inbred lines under saline irrigation. Crop Science, 31: 1436-1442.
28. Li, P., J. Chen and P. Wu. 2011. Agronomic characteristics and grain yield of 30 spring wheat genotypes under drought stress and non-stress conditions. Agronomy Journal, 103: 1619-1628.
29. Leilah, A. and S. Al-Khateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal of Arid Environments, 61: 483-496.
30. Mass, E.V. and G.J. Hoffman. 1997. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE, 103: 115-134.
31. Mass, E.V. and J.A. Poss. 1989. Salt sensitivity of wheat at different growth stages Irrigation Science, 10: 29-40.
32. Moosavi, S.S., F. Kian Ersi and M.R. Abdollahi. 2013. Application of multivariate statistical methods in detection of effective traits on bread wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under moisture stress condition. Cereal Research, 2: 119-130 (In Persian).
33. Munss, R. and R.A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance, a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253: 201-218.
34. Narjesi, V., E. Majidi Heravan, A.A. Zali, M. Mardi and M.R. Naghavi. 2009. Effect of salinity stress on grain yield and plant characteristic in bread wheat recombinant inbred lines. Iranian Agronomy Sciences Journal, 3: 291-304 (In Persian).
35. Naroui Rad, M.R., M. Farzanjo, H.R. Fanay, A.R. Arjmandy Nejad and A. Ghasemy. 2006. The study genetic variation and factor analysis for morphological characters of wheat native accessions of Sistan and Baluchistan. Journal of Research and Construction, 73: 50-57 (In Persian).
36. Poustini, K. and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Research, 85: 125-133.
37. Rezvani- Moghaddam, P. and A. Kocheki. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects-Halophytic ecosystem. International Symposium on prospects of saline agriculture in the GCC countries. Dubai, UAE
38. Rivelli, A.R., A.J. Richard, R. Munns and A.G. Condon. 2002. Effect of salinity on water relations and growth of wheat genotypes with contrasting sodium uptake. Functional Plant Biology, 29: 1065-1074.
39. Saberi, M.H., E. Arazmjo and A. Amini. 2016. Assessment of diversity and identifying of effective traits on grain yield of bread wheat promised lines under salt stress conditions. Journal of Crop Breeding, 8: 31-40 (In Persian).
40. Sadat Noori, S.A., A. Roustaei and B. Foghi. 2006. Variability of salt tolerance for eleven traits bread wheat in different saline conditions. Agronomy Journal, 5: 131-136.
41. Shanon, M.C. 1997. Adaption of Plants to Salinity. Advances in Agronomy, 60: 75-120.
42. Subbarao, G.V. and C. Johansen. 1999. Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. pp: 1069-1087 In Pessaraki, M. Hand book of plant and crop stress. Marcel Dekker Inc. New York. USA.
43. Tosimojarad, M. and M.R. Bihamta. 2007. Study of grain yield and some wheat quantitative traits via factor analysis. Journal of Agricultural Science, 17: 97-107 (In Persian).
44. USDA-ARS. 2005. George E. Brown Jr Salinity Laboratory, Riverside, CA, USA. (http://ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8980).
45. Zarei, S., A. Amini, S. Mahfoozi and M.R. Bihamta. 2011. Study of genetic diversity for morpho-physiological and agronomic traits of Iranian local wheat genotypes under drought stress conditions. Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences, 4: 123-138 (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]

Statistical Analysis of Yields and its Component of Seeds Resulted from Early Crosses of wheat Cultivars under Salinity Conditions

Mahnaz Ghaedrahmati[1], Mohsen Mardi[2], Mohammad Reza Naghavi[3], Eslam Majidi Heravan[4], Babak Nakhoda[5], Amin Azadi[6] and Ghasem Mohammadi-Nejad[7]

1- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Corresponding Author: avinmahnaz @gmail.com)
2, 4 and 5- Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran.
3- Professor, University of Tehran, Karaj, Iran.
6- Assistant Professor, Department of Plant Breeding, Yadegar-E-Imam Khomeini (RAH) of Shahre-Rey Branch, Islamic, Azad University, Tehran, Iran.
7- Associate Professor, Shahid-Bahonar University of Kerman
Received: May 31, 2015 Accepted: November 1, 2015

Abstract

Salinity is one of a major abiotic stress, specifically on arid and semi-arid areas that has influenced on crop growth and reduced grain yield. The purpose of present study was identification of agronomic traits related to wheat grain yield variation under control and salinity conditions. In order to produce a population of 272 recombinant inbred lines (RILs), a cross between two bread wheat cultivars, namely Roshan and Sabalan, was made and the resulted seeds were cultivated under control and saline conditions at a research field of Yazd during 2011-2012 cropping season. The trial was arranged in an alpha-lattice design with two replications. Grain yield, harvest index, biological yield, 1000-kernel weight, grain weight per spike, number of grain per spike, height plant was evaluated on harvest time. In order to study relationship between wheat grain yield and some agronomic traits in both control and stress conditions was used five statistical methods including simple correlation, multiple linear regression, stepwise regression, principle component analysis and factor analysis. The results were indicated that biological yield and harvest index were the most important variable explained grain yield under both sets of conditions. Therefore, grain yield can be increased with biological yield and harvest index enhancement under control and stress conditions.

Keywords: Factor analysis, Salinity, Stepwise regression, Wheat

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-06-21]

[DOI: 10.29252/jcb.9.21.56]