



## بررسی تغییرات صفات زراعی تحت شرایط تنش خشکی در توده‌های گندم نان

یوسف ارشد<sup>۱</sup>، مهدی زهراوی<sup>۱\*</sup>، علی سلطانی<sup>۲</sup>

۱- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۲

### چکیده

به منظور شناسایی صفات تأثیر گذار در تحمل به تنش خشکی و گزینش ژرم پلاسما متحمل، ۵۱۲ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحقیقی در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در قالب دو آزمایش جداگانه شامل: شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در قالب طرح آگمنت در یزد مورد ارزیابی قرار گرفتند. ۶۹ نمونه ژنتیکی در شرایط تنش خشکی بقاء یافتند که در آنها صفات وزن دانه پنج سنبله، طول سنبله، تراکم سنبله، وزن صدانه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدن کامل و طول دوره پرشدن دانه طبق دستورالعمل مؤسسه بین المللی ذخایر توارثی گیاهی اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی مقادیر آماره‌های توصیفی نشان داد که صفات وزن دانه پنج سنبله و تعداد پنجه بارور در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی دارای بیشترین مقدار ضریب تنوع بودند. مقایسه مقادیر میانگین صفات ارزیابی شده نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش تمام صفات (بجز تراکم سنبله) نسبت به شرایط آبیاری نرمال شد. بیشترین میزان کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی متعلق به وزن دانه پنج سنبله (۵۷/۹۱ درصد) بود. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که صفات تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش، وزن صدانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش، تراکم سنبله در شرایط تنش و تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط نرمال وارد مدل شدند و ۸۱ درصد از تغییرات STI را توجیه کردند. نمونه‌های ژنتیکی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش K means در پنج گروه تفکیک شدند. مجموع نتایج حاکی از وجود تنوع بالای مواد ژنتیکی مورد ارزیابی از لحاظ صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی بود.

واژه‌های کلیدی: خزانه ژنی، تنوع، بانک ژن گیاهی ملی ایران

## مقدمه

گندم مهمترین غله از لحاظ میزان تولید و سطح کشت جهانی می‌باشد. این گیاه در دامنه وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک کشت می‌شود (Ali & Mardeh *et al.*, 2006; El-Sadek, 2016). خشکی مهمترین مشکل کشاورزی است و سبب کاهش تولید و بهره‌وری می‌شود. برآوردها نشان می‌دهد که حدود ۵۰ درصد از ۲۳۰ میلیون هکتار تحت کشت گندم با تنش خشکی مواجه می‌باشد (El-Mohsen *et al.*, 2015). لذا اصلاح برای تحمل به خشکی در گیاهان زراعی از جمله گندم، هدف اصلی اکثر برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (Moustafa *et al.*, 1996; El-Mohsen *et al.*, 2015). اما تحمل به تنش خشکی یک صفت پیچیده با وراثت‌پذیری پایین می‌باشد (Mwadingeni *et al.*, 2016; Blum 1988, Kirigwi *et al.*, 2004). بعلاوه تحقیقات نشان داده است، ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط مطلوب به صورت پرمک‌کرد ظاهر می‌شوند، ممکن است متحمل به خشکی نباشند (Blum 1996; Mardeh *et al.*, 2006). بنابراین لازم است گزینش ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش انجام شده و مکانیسم تحمل مورد بررسی و شناسایی قرار گیرد (Rajaram *et al.*, 1996). مطالعات گوناگونی برای شناسایی صفات مؤثر در تحمل به تنش

خشکی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل انجام شده است. نتایج بررسی ۱۷ ژنوتیپ بومی از کلکسیون گندم بانک ژن گیاهی ملی ایران در شرایط آبیاری معمول، قطع آبیاری از مرحله ساقه دهی، سنبله‌دهی و پر شدن دانه توسط ارشد و زهراوی (۱۳۹۰) بر لزوم شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل اختصاصی متناسب با مرحله رشدی وقوع تنش خشکی در منطقه کشت مربوطه تأکید داشت. توکلی و همکاران (۱۳۹۴) تغییرات برخی اسمولیت‌ها و میزان عناصر را در ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش کم آبی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش کم آبی، میزان پتاسیم، کاهش ولی عناصر سدیم، فسفر و همچنین اسمولیت‌هایی مانند پرولین و قندهای محلول به طور معنی‌داری افزایش یافتند. نتایج بررسی هشت ژنوتیپ گندم در سه سطح تنش خشکی (۸۵، ۶۰ و ۳۵ درصد ظرفیت زراعی) توسط قلی‌پور و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر میزان انتقال مجدد ماده خشک از ساقه، برگ، پدانکل، کل بوته و سنبله وجود داشت. کارایی ماده خشک انتقال یافته از ساقه، برگ و کل و سهم ماده خشک انتقال یافته از ساقه و کل نیز معنی‌دار بود. سعیدی و همکاران (۱۳۹۵) اثر تنش خشکی پس از گلدهی را بر انتقال مجدد ماده خشک ۵۶ ژنوتیپ گندم

۱۶۹ لاین اینبرد نوترکیب گندم را به تنش خشکی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای کلروفیل، عرض برگ، طول برگ، طول دم گل آذین، ارتفاع بوته، سطح برگ پرچ، افزایش محتوای پرولین برگ و کاهش طول دم گل آذین و سطح برگ پرچم در هر دو گروه لاین-های حساس و متحمل گردید. احمدی لاهیجانی و امام (۱۳۹۵) واکنش‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه ۲۵ ژنوتیپ گندم را در شرایط کمبود آب (پس از گلدهی) ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که حساس‌ترین عامل تبادل گازی به تنش کم آبی، هدایت روزنه‌ای بود و به دنبال آن فتوسنتز خالص کاهش قرار داشت. ژنوتیپ‌هایی (رقم‌های زرین و دریا) که فتوسنتز خالص و هدایت روزنه‌ای بیشتری داشتند، از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند. مسچی باهوش و همکاران (۱۳۹۶) تحمل به خشکی ۴۹ ژنوتیپ گندم شامل ۴۵ لاین دابل هاپلوئید گندم (هاپلوئید مضاعف) به همراه والدین و دو رقم محلی (گاسکوژن و پیشتاز) را در شهرستان شاهرود مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هارمونیک (HM)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل (STI) همبستگی مثبت و معنی‌داری

بررسی نموده و نتیجه گرفتند که کارایی انتقال مجدد تحت تأثیر ژنتیک و محیط بوده و احتمالاً تولید ماده خشک بیش‌تر در مرحله گلدهی، باعث انتقال مجدد بیش‌تر ماده خشک به سمت دانه خواهد شد. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) ۳۰ ژنوتیپ گندم نان را برای تحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های فیزیولوژیک و فنولوژیک مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین تنظیم اسمزی در مرحله گیاهچه‌ای و عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی وجود دارد. در این تحقیق بیشترین عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی مربوط به توده بومی سرداری و ارقام روشن و طوس بود. شهریاری (۱۳۹۵) تنوع ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ۴۲ ژنوتیپ گندم نان را در دو شرایط محیطی جداگانه (بدون اعمال تنش خشکی و تنش خشکی آخر فصل) بررسی نمود. نتایج رگرسیون چند متغیره خطی نشان داد که صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد گره و وزن سنبله حدود ۵۸ درصد از تغییرات میانگین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی آخر فصل توجیه می‌کنند. تعداد گره، بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت و اثرات مستقیم تعداد دانه در سنبله با عملکرد، مثبت و وزن سنبله با عملکرد، منفی بود. شهبازی و همکاران (۱۳۹۵) واکنش‌های فیزیولوژیک

(بدون تنش خشکی و انجام شش مرتبه آبیاری طبق نرم منطقه) به صورت طرح آگمنت و با در نظر گرفتن ارقام شاهد متحمل به تنش خشکی شامل کویر، روشن و ماهوتی مورد بررسی قرار گرفتند. هر توده گندم در یک خط به طول ۲/۵ متر و به فاصله ۵۰ سانتی متر از خطوط مجاور کشت شد. عملیات کوددهی براساس نتایج آزمایش خاک (جدول ۱) و وجین علفهای هرز انجام شد. از بین مواد ژنتیکی مورد ارزیابی، ۶۹ نمونه ژنتیکی در شرایط تنش خشکی بقاء یافتند (جدول ۲) که در آنها صفات وزن دانه پنج سنبله، طول سنبله، تراکم سنبله، وزن صددانه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه درسنبله، تعداد گلچه درسنبله، تعداد دانه درسنبله، روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدن کامل و طول دوره پرشدن دانه طبق دستورالعمل مؤسسه بین المللی ذخایر توارثی گیاهی (IBPGR, 1978) اندازه‌گیری شد.

با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی داشتند و به عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش ارقام پرمحصول در هر دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. تحقیق حاضر با هدف شناسایی صفات مؤثر در تحمل به تنش خشکی، بررسی روابط بین صفات و گزینش ژرم‌پلاسم گندم نان متحمل به تنش خشکی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تحمل به خشکی در ژرم‌پلاسم گندم نان، ۵۱۲ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران مورد ارزیابی قرار گرفتند. مواد ژنتیکی مذکور در قالب دو آزمایش جداگانه در شهرستان یزد در قالب دو آزمایش جداگانه در شهرستان یزد با طول جغرافیایی ۵۴/۴ درجه، عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ارتفاع ۱۲۱۶ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ بررسی شدند. در این تحقیق شرایط تنش خشکی (با اعمال یک دوره آبیاری بعد از کاشت جهت استقرار گیاه و یک دوره آبیاری در مرحله پر شدن دانه) و دیگری، شرایط نرمال

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش یزد در ارزیابی نمونه‌های ژنتیکی کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط تنش خشکی

| عمق نمونه برداری<br>(سانتیمتر) | هدایت الکتریکی<br>(دسی زیمنس بر متر) | pH  | نیترژن کل<br>(درصد) | فسفر قابل جذب<br>(پی پی ام) | پتاسیم قابل جذب<br>(پی پی ام) |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| ۳۰-۰                           | ۳/۲۴                                 | ۷/۳ | ۰/۰۱۶               | ۵/۱۷                        | ۱۰۵/۷                         |

جدول ۲- فهرست ۶۹ نمونه ژنتیکی بقاء یافته از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران در ارزیابی تحمل به تنش خشکی در آزمایش یزد

| شماره | کد دسترسی | منشأ  | شماره | کد دسترسی | منشأ | شماره | کد دسترسی | منشأ  |
|-------|-----------|-------|-------|-----------|------|-------|-----------|-------|
| ۱     | ۹۲۳۱      | ایران | ۲۴    | ۹۵۶۷      | -    | ۴۷    | ۹۶۷۷      | -     |
| ۲     | ۹۲۳۲      | ایران | ۲۵    | ۹۵۸۲      | -    | ۴۸    | ۹۶۷۸      | -     |
| ۳     | ۹۲۳۳      | ایران | ۲۶    | ۹۶۱۹      | -    | ۴۹    | ۹۶۷۹      | -     |
| ۴     | ۹۲۳۷      | ایران | ۲۷    | ۹۶۲۱      | -    | ۵۰    | ۹۶۸۰      | -     |
| ۵     | ۹۲۳۹      | ایران | ۲۸    | ۹۶۲۳      | -    | ۵۱    | ۹۶۸۱      | -     |
| ۶     | ۹۲۴۳      | ایران | ۲۹    | ۹۶۲۴      | -    | ۵۲    | ۹۶۸۵      | -     |
| ۷     | ۹۲۵۷      | ایران | ۳۰    | ۹۶۳۷      | -    | ۵۳    | ۹۶۹۲      | -     |
| ۸     | ۹۲۵۸      | -     | ۳۱    | ۹۶۴۹      | -    | ۵۴    | ۹۷۰۰      | -     |
| ۹     | ۹۲۶۸      | سودان | ۳۲    | ۹۶۵۳      | -    | ۵۵    | ۹۷۰۴      | -     |
| ۱۰    | ۹۳۰۱      | -     | ۳۳    | ۹۶۵۴      | -    | ۵۶    | ۹۷۱۱      | -     |
| ۱۱    | ۹۳۰۲      | -     | ۳۴    | ۹۶۵۵      | -    | ۵۷    | ۹۷۳۸      | ایران |
| ۱۲    | ۹۳۱۳      | بلژیک | ۳۵    | ۹۶۵۶      | -    | ۵۸    | ۹۷۳۹      | -     |
| ۱۳    | ۹۳۲۰      | روسیه | ۳۶    | ۹۶۶۰      | -    | ۵۹    | ۹۷۴۰      | ایران |
| ۱۴    | ۹۳۳۱      | -     | ۳۷    | ۹۶۶۴      | -    | ۶۰    | ۹۷۴۱      | -     |
| ۱۵    | ۹۴۰۰      | -     | ۳۸    | ۹۶۶۶      | -    | ۶۱    | ۹۷۴۶      | -     |
| ۱۶    | ۹۴۰۴      | -     | ۳۹    | ۹۶۶۸      | -    | ۶۲    | ۹۷۴۷      | -     |
| ۱۷    | ۹۴۹۲      | -     | ۴۰    | ۹۶۶۹      | -    | ۶۳    | ۹۷۴۸      | -     |
| ۱۸    | ۹۵۲۳      | -     | ۴۱    | ۹۶۷۰      | -    | ۶۴    | ۹۷۵۳      | ایران |
| ۱۹    | ۹۵۳۷      | -     | ۴۲    | ۹۶۷۲      | -    | ۶۵    | ۹۷۶۰      | -     |
| ۲۰    | ۹۵۴۲      | -     | ۴۳    | ۹۶۷۳      | -    | ۶۶    | ۹۷۶۲      | ایران |
| ۲۱    | ۹۵۴۳      | -     | ۴۴    | ۹۶۷۴      | -    | ۶۷    | ۹۷۶۸      | -     |
| ۲۲    | ۹۵۴۸      | -     | ۴۵    | ۹۶۷۵      | -    | ۶۸    | ۹۷۷۰      | ایران |
| ۲۳    | ۹۵۵۷      | -     | ۴۶    | ۹۶۷۶      | -    | ۶۹    | ۹۷۷۳      | -     |

\* محل جمع‌آوری نمونه ژنتیکی نامشخص است

مشخصات توزیع آماری صفات با محاسبه مقادیر حداقل، حداکثر، دامنه، میانگین، انحراف معیار ضریب تغییرات بررسی شد و آماره‌های مذکور در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مورد مقایسه قرار گرفت. شاخص‌های تحمل به تنش شامل میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل به تنش (STI) با در نظر گرفتن وزن دانه پنج سنبله در شرایط نرمال به عنوان Yp و وزن دانه پنج سنبله در

صفات (بجز تراکم سنبله) نسبت به شرایط آبیاری نرمال شد (جدول ۳). بیشترین میزان کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی متعلق به وزن دانه پنج سنبله (۵۷/۹۱ درصد) بود. در مورد صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن کامل، مقدار میانگین در شرایط تنش خشکی، کاهش و مقدار انحراف معیار افزایش یافته است. بنابراین افزایش میزان ضریب تنوع در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال برای این صفات، قابل انتظار می‌باشد. ضریب تنوع صفات وزن دانه پنج سنبله، طول سنبله، وزن صد دانه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد گلچه در سنبلچه و طول دوره پرشدن دانه در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود، در حالیکه میانگین و انحراف معیار این صفات در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال کاهش یافته بود. بنابراین براساس این نتایج، نرخ کاهش انحراف معیار این صفات، کمتر از نرخ کاهش میانگین آن‌ها بوده است که سبب افزایش ضریب تنوع آن‌ها در شرایط تنش خشکی شده است. هر سه آماره میانگین، انحراف معیار و ضریب تنوع صفت تراکم سنبله در هر شرایط تنش خشکی افزایش نشان داد. بنابراین برای صفت صفت تراکم سنبله، نرخ افزایش انحراف معیار بیشتر از میانگین بوده است.

شرایط تنش خشکی به عنوان  $Y_s$ ، محاسبه شد. روابط بین شاخص‌های تحمل به تنش با استفاده از تجزیه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت. تأثیر تغییرات صفات ارزیابی شده در دو شرایط آزمایش، بر مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش، با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای بررسی شد. به منظور تفکیک صفات براساس جنبه‌های متمایزی از داده‌ها، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش  $K$  means در گروه‌های جداگانه، متمایز شدند. تجزیه‌های آماری توسط نسخه ۱۶ نرم‌افزار انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس بین ارقام شاهد در طرح آگمنت نشان داد که بین بلوک‌ها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و لذا نیازی به تصحیح مقادیر صفات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های ژنتیکی نمی‌باشد. براساس نتایج مقادیر آماره‌های توصیفی، صفات وزن دانه پنج سنبله و تعداد پنجه بارور در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی دارای بیشترین مقدار ضریب تنوع بودند. همچنین کمترین مقدار ضریب تنوع در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی به صفات روز تا گلدهی و روز تا رسیدن کامل اختصاص داشت (جدول ۳). مقایسه مقادیر میانگین صفات ارزیابی شده نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش تمام

جدول ۳- مقادیر آماره‌های توصیفی در ارزیابی ۶۹ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در یزد

| شرایط               | صفت                  | دامنه | حداقل | حداکثر | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات (درصد) |
|---------------------|----------------------|-------|-------|--------|---------|--------------|---------------------|
| نرمال               | وزن دانه پنج سنبله   | ۷/۱۰  | ۳/۸۱  | ۱۰/۹۱  | ۶/۶۲    | ۱/۳۹         | ۲۱/۰۶               |
|                     | طول سنبله            | ۴/۷   | ۴/۷   | ۹/۴    | ۷/۳۸    | ۰/۹۹         | ۱۳/۴۶               |
|                     | تراکم سنبله          | ۱۹/۸۳ | ۱۴/۸۶ | ۳۴/۶۹  | ۲۱/۷۴   | ۳/۸۹         | ۱۷/۹۱               |
|                     | وزن صدانه            | ۳     | ۲/۴   | ۵/۴    | ۳/۵۵    | ۰/۵۷         | ۱۵/۹۶               |
|                     | تعداد پنجه بارور     | ۳     | ۳     | ۶      | ۳/۹۹    | ۰/۹۲         | ۲۳/۰۶               |
|                     | ارتفاع بوته          | ۴۴    | ۶۷    | ۱۱۱    | ۹۱/۲    | ۹/۸۴         | ۱۰/۷۸               |
|                     | تعداد سنبلچه درسنبله | ۸     | ۱۱    | ۱۹     | ۱۵/۷۲   | ۱/۷۰         | ۱۰/۷۹               |
|                     | تعداد گلچه درسنبله   | ۲/۵   | ۱/۹   | ۴/۴    | ۲/۹۴۶   | ۰/۵۲         | ۱۷/۷۵               |
|                     | تعداد دانه درسنبله   | ۳۰    | ۲۵    | ۵۵     | ۳۹/۲۱   | ۶/۱۳         | ۱۵/۶۴               |
|                     | روز تا رسیدن کامل    | ۱۱    | ۱۴۸   | ۱۵۹    | ۱۵۳/۵۳  | ۲/۵۰         | ۱/۶۳                |
|                     | روز تا گل‌دهی        | ۱۹    | ۱۱۱   | ۱۳۰    | ۱۱۹/۰۷  | ۵/۵۸         | ۴/۶۹                |
| طول دوره پرشدن دانه | ۲۵                   | ۲۲    | ۴۷    | ۳۴/۴۶  | ۶/۱۱    | ۱۷/۷۲        |                     |
| تنش خشکی            | وزن دانه پنج سنبله   | ۵/۱۱  | ۱/۲۹  | ۶/۴۰   | ۲/۷۸    | ۱/۰۳         | ۳۷/۰۱               |
|                     | طول سنبله            | ۳/۶   | ۳/۲   | ۶/۸    | ۵/۰۹۷   | ۰/۸۷         | ۱۷/۰۰               |
|                     | تراکم سنبله          | ۳۶/۷۱ | ۱۶/۴۲ | ۵۳/۱۳  | ۲۸/۴۶   | ۶/۸۹         | ۲۴/۲۳               |
|                     | وزن صدانه            | ۲/۳۰  | ۱/۰۸  | ۳/۳۸   | ۲/۰۶    | ۰/۵۰         | ۲۴/۳۲               |
|                     | تعداد پنجه بارور     | ۳     | ۱     | ۴      | ۲       | ۰/۶۵         | ۳۲/۲۵               |
|                     | ارتفاع بوته          | ۲۹    | ۳۲    | ۶۱     | ۴۷/۶۳   | ۶/۱۵         | ۱۲/۹۰               |
|                     | تعداد سنبلچه درسنبله | ۶     | ۱۱    | ۱۷     | ۱۴/۰۲   | ۱/۹۰         | ۱۳/۵۲               |
|                     | تعداد گلچه درسنبله   | ۲     | ۱/۶   | ۳/۶    | ۲/۴۱۵   | ۰/۴۳         | ۱۷/۷۶               |
|                     | تعداد دانه درسنبله   | ۴۰/۴  | ۱۲/۶  | ۵۳     | ۲۷/۱۷۱  | ۸/۴۱         | ۳۰/۹۵               |
|                     | روز تا رسیدن کامل    | ۱۲    | ۱۴۱   | ۱۵۳    | ۱۴۷/۱۸  | ۲/۸۴         | ۱/۹۳                |
|                     | روز تا گل‌دهی        | ۲۵    | ۱۰۴   | ۱۲۹    | ۱۱۷/۵   | ۵/۹۹         | ۵/۱۰                |
| طول دوره پرشدن دانه | ۲۴                   | ۱۸    | ۴۲    | ۲۹/۶۸  | ۵/۷۷    | ۱۹/۴۳        |                     |

در شرایط نرمال نمونه‌های ژنتیکی ۶۶، ۱۲، ۴۵، ۶۶، ۴۳، ۵۰، ۵۱، ۶، ۱۲ و ۱۲ به ترتیب دارای بیشترین مقدار صفات وزن دانه پنج

دانه در سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۶، ۳۵، ۳۰، ۲۷، ۱، ۱۰، ۳، ۲۸، ۲۹، ۳۶، ۱۶، ۵۴، ۶۶، ۲۵، ۶۴، ۴۳، ۱۱، ۲، ۵، ۳۱، ۶۲، ۴۴، ۲۲، ۱۸، ۱۴، ۴، ۶۸، ۳۷، ۴۷ و ۱۷ از لحاظ روز تا گلدهی، نمونه‌های ژنتیکی ۱۲، ۱، ۴، ۴۷، ۴۹، ۶، ۲۷، ۵، ۳۹، ۴۶، ۲۶، ۳۵، ۵۰، ۵۱، ۲۲، ۴۸، ۳۳، ۲۴، ۱۵، ۳۲، ۴۵، ۴۰، ۹، ۳۰، ۲۸، ۲۹، ۶۴، ۶۵، ۱۱، ۶۲، ۴۴، ۶۸ و ۱۷ از لحاظ روز تا رسیدن کامل و نمونه‌های ژنتیکی ۱۲، ۲۶، ۵۱، ۴۶، ۴۹، ۴۰، ۹، ۱۳، ۳۹، ۶۹، ۶۱، ۶۷، ۳۲، ۴۵، ۶۳، ۵۰، ۱۵، ۳۸، ۵۸ و ۵۵ از لحاظ طول دوره پرشدن دانه از مقدار بیشتری نسبت به ارقام شاهد برخوردار بودند.

در شرایط تنش خشکی نمونه‌های ژنتیکی ۵۴، ۴۹ و ۴۷ مقدار وزن دانه پنج سنبله بیشتری نسبت به ارقام شاهد داشتند. همچنین در این شرایط نمونه‌های ژنتیکی ۴، ۱۴، ۴۱، ۸، ۱۶، ۹، ۶۶، ۵۸، ۷، ۶۷، ۴۹، ۱۵، ۵۱، ۲۴، ۴۰، ۴۶، ۶، ۶۸، ۵۲، ۱۰، ۲ و ۴۷ از لحاظ طول سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۵۴، ۵۳، ۳۸، ۶۰، ۱۷، ۱، ۴۳، ۵۵، ۳۳، ۶۵، ۶۹، ۲۵، ۲۳، ۲۶، ۴۵، ۶۲، ۳۶، ۳۱، ۳۲، ۴۲، ۱۲، ۶۴، ۵۶، ۲۹، ۲۷، ۵۲، ۳۷، ۳۵، ۶، ۱۱، ۳۹، ۶۱ و ۵۱ از لحاظ تراکم سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۳، ۴۹، ۶۶، ۶، ۴۷، ۲۸، ۱۶، ۳۸، ۴۵، ۳۰، ۳۱، ۲۵، ۶۶، ۷، ۳۴، ۲۱، ۱۱، ۵۴، ۳۶، ۴، ۴۱، ۱۳، ۴۷، ۶۲، ۳۷ و ۶ از لحاظ وزن صد دانه، نمونه‌های ژنتیکی ۴۶، ۴۹، ۱۷، ۴۱، ۶۷، ۱۶، ۲۱، ۵۱، ۴۲، ۴۰، ۶۶، ۵۰، ۱۹، ۴۷ و ۲۵ از

سنبله، طول سنبله، تراکم سنبله، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد گلچه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، روز تا گلدهی، روز تا رسیدن کامل و طول دوره پرشدن دانه بودند. در شرایط تنش خشکی، بیشترین مقدار صفات طول سنبله، تراکم سنبله، وزن صد دانه، ارتفاع بوته، تعداد گلچه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، روز تا گلدهی، روز تا رسیدن کامل و طول دوره پرشدن دانه به ترتیب به نمونه‌های ژنتیکی ۴، ۵۴، ۳، ۴۶، ۵۰، ۵۱، ۶، ۲۷ و ۲۶ تعلق داشت.

در شرایط نرمال نمونه‌های ژنتیکی ۶۶، ۵۶ و ۶۴ مقدار وزن دانه پنج سنبله بیشتری نسبت به ارقام شاهد داشتند. همچنین در این شرایط نمونه‌های ژنتیکی ۱۲، ۲، ۵، ۶۷، ۱۱، ۲۳، ۹، ۵۷، ۳، ۳۷، ۴، ۱، ۱۰، ۱۵، ۶۵، ۱۹، ۸، ۵۶، ۳۶، ۶۶، ۱۳، ۱۴، ۲۷، ۶، ۲۹، ۴۹ و ۲۰ از لحاظ طول سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۴۵، ۵۰، ۶۴، ۳۱، ۵۱، ۴۲، ۲۵، ۴۷، ۶۸، ۵۹، ۶۲، ۵۸، ۴۳، ۴۴، ۶، ۲۱، ۳۹، ۳۳، ۵۴، ۶۰، ۴۰، ۳۲، ۵۲، ۱، ۳۵ و ۲۴ از لحاظ تراکم سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۶۶، ۴۹، ۳، ۵۶، ۲ و ۱۷ از لحاظ وزن صد دانه، نمونه‌های ژنتیکی ۴۳، ۴۲، ۳۴، ۳۱، ۲۸، ۴۷، ۱۶، ۳۸، ۴۵، ۳۰، ۳۱، ۲۵، ۶، ۲۹، ۴۶، ۳۲، ۱۲، ۲۴ و ۳۳ از لحاظ ارتفاع بوته، ژنوتیپ ۵۰ از لحاظ تعداد گلچه در سنبلچه، نمونه‌های ژنتیکی ۵۱، ۵۲، ۴۶، ۵۴، ۳۹، ۱۲، ۳۱، ۶۸، ۴۲، ۵۸ و ۶۲ از لحاظ تعداد



شرایط تنش خشکی مربوط به توده بومی سرداری و ارقام روشن و طوس بود. آنها نتیجه گرفتند که این ژنوتیپ‌ها تحمل بیشتری به تنش خشکی دارند و لذا آنها را جهت کشت در شرایط تنش کمبود آب پیشنهاد دادند.

میزان شدت تنش ۰/۵۸ بود که نشان‌دهنده تنش خشکی شدید می‌باشد. نتایج تجزیه همبستگی بین شاخص‌های تحمل (جدول ۴) به تنش براساس وزن دانه پنج سنبله نشان داد که شاخص‌های STI، GMP و MP در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی ضرایب همبستگی بالاتری با وزن دانه پنج سنبله داشتند و بنابراین به عنوان شاخص‌های مناسب‌تری شناسایی شدند. همبستگی بین وزن دانه پنج سنبله در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی فاقد همبستگی معنی‌دار بودند که به معنی این است که وضعیت نمونه‌های ژنتیکی برای این صفت در یکی از دو شرایط (آبیاری نرمال و تنش خشکی) را نمی‌توان از روی مقدار آن در شرایط دیگر پیش‌بینی نمود. بخشایشی قشلاق و شکارچی‌زاده (۱۳۹۴) در تحلیل همبستگی عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی در محیط تنش و بدون تنش نتیجه گرفتند که STI، مناسب‌ترین شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های گندم می‌باشد. مسچی باهوش و همکاران

لحاظ ارتفاع بوته، ژنوتیپ ۵۰ از لحاظ تعداد گلچه در سنبلچه، نمونه‌های ژنتیکی ۵۱، ۵۴، ۴۶، ۵۲، ۲۸، ۴۲ و ۲۲ از لحاظ تعداد دانه در سنبله، نمونه‌های ژنتیکی ۶، ۲۷، ۲۸، ۱۰، ۳۵، ۳۰، ۱، ۳۶، ۱۶، ۲۹، ۳، ۲۵، ۶۴، ۶۵، ۴۳، ۲۲، ۴۴، ۳۱، ۱۴، ۶۶، ۶۲، ۴، ۳۷، ۶۸، ۲، ۵، ۵۴، ۱۱، ۱۸، ۴۷، ۱۷، ۷ و ۴۸ از لحاظ روز تا گلدهی، نمونه‌های ژنتیکی ۲۷، ۶، ۱، ۴۸، ۵۰، ۲۲، ۶۳، ۲۶، ۴۳، ۶۲، ۴، ۵، ۱۷، ۲۰، ۳۹، ۳۴، ۱۵، ۴۵، ۳۸، ۶۹، ۶۱، ۲۸، ۳۵، ۶۴، ۶۵، ۴۴، ۵۳، ۹، ۳۰، ۳۶ و ۵۵ از لحاظ روز تا رسیدن کامل و نمونه‌های ژنتیکی ۲۶، ۵۱، ۹، ۶۱، ۶۳، ۶۹، ۳۲، ۴۶، ۶۷، ۵۰، ۴۵، ۳۸، ۵۵، ۵۲، ۴۸، ۳۹، ۳۴، ۱۵، ۵۳، ۳۳، ۴۲، ۵۸، ۱۳ و ۵۷ از لحاظ طول دوره پرشدن دانه از مقدار بیشتری نسبت به ارقام شاهد برخوردار بودند. نتایج بررسی بخشایشی قشلاق و شکارچی‌زاده (۱۳۹۴) بر روی ۱۳ ژنوتیپ گندم نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد در شرایط آبی و دیم به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۱۲ و بیشترین میزان شاخص‌های تحمل MP، HM، GMP و STI متعلق به ارقام شماره ۴، ۶ و ۱ بود. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی ۳۰ ژنوتیپ گندم نان برای تحمل به خشکی بر اساس شاخص‌های فیزیولوژیک و فنولوژیک مشاهده کردند که بیشترین عملکرد دانه تحت

جهت گزینش ارقام پرمحصول در هر دو محیط تنش و بدون تنش، گزارش نمودند. (۱۳۹۶) در ارزیابی ۴۹ ژنوتیپ گندم در دو شرایط آبی و تنش خشکی براساس نتایج تجزیه همبستگی، شاخص‌های MP، HM، GMP و STI را به عنوان شاخص‌های مناسب

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی ۶۹ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در یزد

|     | Ys    | TOL      | STI     | GMP     | SSI      | HM      | MP      |
|-----|-------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Yp  | ۰/۱۳۶ | ۰/۷۷۵**  | ۰/۵۸۷** | ۰/۶۰۰** | ۰/۳۹۳**  | ۰/۳۹۰** | ۰/۸۳۲** |
| Ys  |       | -۰/۵۲۱** | ۰/۸۶۳** | ۰/۸۶۸** | -۰/۸۲۹** | ۰/۹۵۴** | ۰/۶۶۲** |
| TOL |       |          | -۰/۰۴۴  | -۰/۰۳۷  | ۰/۸۶۸**  | -۰/۲۷۲* | ۰/۲۹۵*  |
| STI |       |          |         | ۰/۹۸۸** | -۰/۴۴۲** | ۰/۹۶۰** | ۰/۹۲۷** |
| GMP |       |          |         |         | -۰/۴۵۸** | ۰/۹۷۰** | ۰/۹۳۹** |
| SSI |       |          |         |         |          |         | -۰/۱۶۶  |
| HM  |       |          |         |         |          |         | ۰/۸۲۹** |

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد می باشند.

تأثیر این صفت در بین سایر صفات اندازه‌گیری شده، بر روی تغییرات STI می‌باشد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، شش مؤلفه اصلی ۸۱/۶۶۱ درصد از تغییرات داده‌ها را در بردارد (جدول ۶). در مؤلفه اصلی اول صفات تعداد دانه در سنبله، تراکم سنبله، طول دوره پرشدن دانه و تعداد گلچه در سنبله دارای بزرگترین ضرایب بودند، لذا مؤلفه اصلی اول بر روی دانه‌بندی سنبله تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی ۵۱، ۵۲، ۴۶، ۵۸ و ۴۵ دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی اول بودند. در مؤلفه اصلی دوم صفات روز تا گلدهی و طول دوره

به منظور شناسایی صفات تأثیرگذار بر تغییرات شاخص‌های تنش، از رگرسیون مرحله‌ای با در نظر گرفتن شاخص STI به عنوان متغیر تابع و سایر صفات (بجز وزن دانه پنج سنبله) به عنوان متغیر مستقل استفاده شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که صفات تعداد دانه در سنبله در شرایط تنش، دانه وزن صد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش، تراکم سنبله در شرایط تنش و تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط نرمال وارد مدل شدند و ۸۱ درصد از تغییرات STI را توجیه کردند. صفت وزن صد دانه در شرایط تنش، از بزرگترین ضریب برخوردار بود که نشان‌دهنده بیشترین

بارور و روز تا رسیدن کامل دارای بزرگترین ضریب بودند.

در تحقیق محمدی و همکاران (۱۳۹۴) بر روی ۶۷ لاین اینبرد نوترکیب تحت تنش خشکی، بر اساس نمره تحمل تنش و تحلیل عاملی، لاین‌های ۱۳۹، ۶۹، ۱۹، ۲۳، ۱۴۹، ۱۱۷، ۲۷، ۱۸۱ و ۹۴ به عنوان لاین‌های متحمل به تنش خشکی برای بررسی بیشتر انتخاب شدند. در تحقیق مسچی باهوش و همکاران (۱۳۹۶)، نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی بر اساس هفت شاخص تحمل به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که مولفه اصلی اول، ۶۸/۱۵ درصد و مولفه اصلی دوم، ۳۱/۳۹ درصد از تنوع داده های اولیه را توجیه کرد.

پرشدن دانه (صرفنظر از علامت) دارای بزرگترین ضریب بودند. براساس علامت ضرایب این صفات، مؤلفه اصلی دوم نمونه‌های ژنتیکی واجد گلدهی دیرتر با طول دوره پرشدن دانه کوتاهتر را متمایز می‌سازد. نمونه‌های ژنتیکی ۶۴، ۲۵، ۵۴، ۶۶ و ۶ دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی دوم بودند. صفات وزن صد دانه و وزن دانه پنج سنبله در مؤلفه اصلی سوم دارای بزرگترین ضریب بودند لذا این مؤلفه اصلی بر اجزاء عملکرد تأکید دارد. نمونه‌های ژنتیکی ۶۶، ۵۶، ۲۳، ۴۹ و ۵۵ دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی سوم بودند. در مؤلفه‌های اصلی چهارم تا ششم نیز به ترتیب صفات طول سنبله، تعداد پنجه

جدول ۵- نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای شاخص STI در ارزیابی ۶۹ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در یزد

| مرحله | صفت (متغیر)                  | ضریب رگرسیون | انحراف استاندارد | R <sup>2</sup> (تصحیح شده) |
|-------|------------------------------|--------------|------------------|----------------------------|
| ۱     | عرض از مبدأ                  | ۰/۰۲۷        | ۰/۰۶۲            | ۰/۳۸                       |
|       | تعداد دانه در سنبله (تنش)    | ۰/۰۱۵        | ۰/۰۰۲            |                            |
| ۲     | عرض از مبدأ                  | -۰/۴۸۹       | ۰/۰۷۵            | ۰/۷۰                       |
|       | تعداد دانه در سنبله (تنش)    | ۰/۰۱۷        | ۰/۰۰۲            |                            |
|       | وزن صد دانه (تنش)            | ۰/۲۲۳        | ۰/۰۲۶            |                            |
| ۳     | عرض از مبدأ                  | -۰/۷۷۱       | ۰/۰۸۶            | ۰/۷۷                       |
|       | تعداد دانه در سنبله (تنش)    | ۰/۰۱۷        | ۰/۰۰۱            |                            |
|       | وزن صد دانه (تنش)            | ۰/۱۸         | ۰/۰۲۴            |                            |
|       | وزن صد دانه (نرمال)          | ۰/۱۰۵        | ۰/۰۲۱            |                            |
| ۴     | عرض از مبدأ                  | -۰/۸۸۳       | ۰/۰۹۳            | ۰/۷۲                       |
|       | تعداد دانه در سنبله (تنش)    | ۰/۰۱۶        | ۰/۰۰۱            |                            |
|       | وزن صد دانه (تنش)            | ۰/۱۹۱        | ۰/۰۲۴            |                            |
|       | وزن صد دانه (نرمال)          | ۰/۱۰۱        | ۰/۰۲             |                            |
|       | تراکم سنبله (تنش)            | ۰/۰۰۴        | ۰/۰۰۲            |                            |
| ۵     | عرض از مبدأ                  | -۱/۰۲۳       | ۰/۱۱             | ۰/۸۱                       |
|       | تعداد دانه در سنبله (تنش)    | ۰/۰۱۵        | ۰/۰۰۱            |                            |
|       | وزن صد دانه (تنش)            | ۰/۱۸۹        | ۰/۰۲۳            |                            |
|       | وزن صد دانه (نرمال)          | ۰/۱۰۹        | ۰/۰۲             |                            |
|       | تراکم سنبله (تنش)            | ۰/۰۰۴        | ۰/۰۰۲            |                            |
|       | تعداد گلچه در سنبلچه (نرمال) | ۰/۰۴۸        | ۰/۰۲۲            |                            |

با تعداد دانه در سنبله و وزن دانه پنج سنبله بالاتر را متمایز می‌نماید. نمونه‌های ژنتیکی ۵۱، ۴۶، ۵۴، ۵۲ و رقم کویر دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی اول بودند. در مؤلفه اصلی دوم طول سنبله، وزن صد دانه و تراکم سنبله (صرف‌نظر از علامت) دارای بزرگترین ضریب بودند.

در شرایط تنش خشکی، چهار مؤلفه اصلی ۶۸/۳۶۲ درصد از تغییرات داده‌ها شامل شد (جدول ۷). در مؤلفه اصلی اول صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه پنج سنبله و روز تا گلدهی دارای بزرگترین ضرایب (صرف‌نظر از علامت) بودند. براساس ضرایب این صفات، مؤلفه اصلی اول نمونه‌های ژنتیکی زودگل‌ده

جدول ۶- بردارهای ویژه و مقادیر ویژه بدست آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات ارزیابی شده در ۶۹ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط آبیاری نرمال

| ششم    | مؤلفه اصلی |        |        |        |        | صفت                   |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|
|        | پنجم       | چهارم  | سوم    | دوم    | اول    |                       |
| -۰/۰۱۵ | -۰/۱۸۱     | ۰/۰۷۷  | ۰/۶۸۶  | ۰/۴۴۵  | ۰/۴۲   | وزن دانه پنج سنبله    |
| ۰/۰۱۶  | -۰/۰۶۹     | ۰/۷۸۵  | ۰/۲۱۳  | -۰/۳۰۴ | -۰/۴۲۹ | طول سنبله             |
| ۰/۱۹۴  | -۰/۲۱۱     | -۰/۴۵۳ | -۰/۳۴۷ | ۰/۴۲۴  | ۰/۶۱۴  | تراکم سنبله           |
| ۰/۱۱۹  | -۰/۱۵۶     | -۰/۱۲۷ | ۰/۸۱۲  | ۰/۳۸۸  | -۰/۱۲۳ | وزن صد دانه           |
| ۰/۲۰۷  | ۰/۵۰۲      | -۰/۲۲۴ | ۰/۴۰۲  | ۰/۰۲۷  | -۰/۰۹۹ | تعداد پنجه بارور      |
| ۰/۳۱۸  | ۰/۴۱۹      | ۰/۰۴۹  | -۰/۱۱۸ | ۰/۴۹۳  | -۰/۰۹  | ارتفاع بوته           |
| ۰/۲۹۶  | -۰/۴۳۱     | ۰/۳۷۱  | -۰/۲۷۵ | ۰/۳    | ۰/۴۱۹  | تعداد سنبلچه در سنبله |
| -۰/۴۳۶ | ۰/۴۵۲      | -۰/۰۴۶ | -۰/۰۰۹ | -۰/۱۱۶ | ۰/۵۰۳  | تعداد گلچه در سنبله   |
| -۰/۲۲۲ | ۰/۱۱۴      | ۰/۲۹۲  | ۰/۰۴۴  | ۰/۱۳۳  | ۰/۸۶۶  | تعداد دانه در سنبله   |
| ۰/۶۳۹  | ۰/۳۵۵      | ۰/۲۷۹  | -۰/۰۷۳ | -۰/۱۲۹ | ۰/۳۵۱  | روز تا رسیدن کامل     |
| -۰/۰۶۷ | ۰/۲۱۲      | ۰/۲۵۶  | -۰/۲۳۵ | ۰/۷۱۷  | -۰/۴۶۴ | روز تا گلدهی          |
| ۰/۳۲۳  | -۰/۰۴۸     | -۰/۱۲  | ۰/۱۸۵  | -۰/۷۰۸ | ۰/۵۶۸  | طول دوره پرشدن دانه   |
| ۱/۰۹   | ۱/۱۲۴      | ۱/۳۶۴  | ۱/۶۴۶  | ۲/۰۳۴  | ۳/۳۵۸  | مقدار ویژه            |
| ۸۱/۶۶۱ | ۷۳/۲۸      | ۶۴/۶۳۶ | ۵۴/۱۴۴ | ۴۱/۴۸۲ | ۲۵/۸۳۴ | درصد واریانس تجمعی    |

می‌نماید. نمونه‌های ژنتیکی ۵۴، ۲۵، ۳، ۱۱ و ۳۶ دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی سوم بودند. در مؤلفه اصلی چهارم صفات تعداد گلچه در سنبلچه و تعداد سنبلچه در سنبله دارای بزرگترین ضرایب (صرف‌نظر از علامت) بودند. براساس ضرایب این صفات، مؤلفه اصلی چهارم، نمونه‌های ژنتیکی دارای تعداد گلچه در سنبلچه بیشتر و تعداد سنبلچه در سنبله کمتر را متمایز می‌نماید. نمونه‌های ژنتیکی ۵۰، ۴۴، ۲۸، ۳۴ و ۲۲ دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی چهارم بودند.

براساس ضرایب این صفات، مقادیر بزرگتر مؤلفه اصلی دوم نشان‌دهنده نمونه‌های ژنتیکی با طول سنبله و وزن صد دانه بیشتر و تراکم سنبله کمتر بودند. نمونه‌های ژنتیکی ۴۹، ۳، ۴۱، ۱۶ و ۲۱ دارای بیشترین مقدار از لحاظ مؤلفه اصلی دوم بودند. در مؤلفه اصلی سوم صفات روز تا گلدهی، وزن دانه پنج سنبله و طول دوره پرشدن دانه دارای بزرگترین ضرایب (صرف‌نظر از علامت) بودند. براساس ضرایب این صفات، مؤلفه اصلی سوم نمونه‌های ژنتیکی دیرگل‌ده با وزن دانه پنج سنبله کمتر و طول دوره پرشدن دانه کوتاه‌تر را متمایز

جدول ۷- بردارهای ویژه و مقادیر ویژه بدست آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات ارزیابی شده در ۶۹ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط تنش خشکی

| مؤلفه اصلی            | مؤلفه اصلی |        |        |        |
|-----------------------|------------|--------|--------|--------|
|                       | اول        | دوم    | سوم    | چهارم  |
| وزن دانه پنج سنبله    | ۰/۷۰۸      | ۰/۲۸۵  | ۰/۵۳۸  | ۰/۱۹۶  |
| طول سنبله             | -۰/۰۳۷     | ۰/۷۶۵  | -۰/۲۷۷ | -۰/۲۱  |
| تراکم سنبله           | ۰/۱۶۷      | -۰/۸۲۹ | ۰/۴۲۴  | -۰/۱۶۹ |
| وزن صد دانه           | ۰/۰۱۷      | ۰/۵۷۱  | ۰/۴۲۹  | ۰/۰۳   |
| تعداد پنجه بارور      | -۰/۴۶۵     | ۰/۱۵۹  | ۰/۰۴۹  | -۰/۰۱۳ |
| ارتفاع بوته           | ۰/۳۹۶      | ۰/۴۳۳  | -۰/۱۲۱ | -۰/۰۷۲ |
| تعداد سنبلچه در سنبله | ۰/۲۰۲      | -۰/۴۳۸ | ۰/۳۳۱  | -۰/۵۵  |
| تعداد گلچه در سنبله   | ۰/۴۲۸      | -۰/۱۰۶ | -۰/۱۱۴ | ۰/۶۸۴  |
| تعداد دانه در سنبله   | ۰/۷۸۹      | -۰/۰۷۷ | ۰/۲۸۵  | ۰/۱۸۶  |
| روز تا رسیدن کامل     | -۰/۴۸۳     | -۰/۴۶۷ | -۰/۲۵۳ | ۰/۴۴   |
| روز تا گلدهی          | -۰/۶۸۶     | ۰/۰۵۵  | ۰/۵۹۸  | ۰/۲۶۷  |
| طول دوره پرشدن دانه   | ۰/۴۷۴      | -۰/۲۸۷ | -۰/۷۴۶ | -۰/۰۶۱ |
| مقدار ویژه            | ۲/۶۸       | ۲/۴۰۴  | ۱/۹۲۹  | ۱/۱۹۱  |
| درصد واریانس تجمعی    | ۲۲۵/۳۲۹    | ۴۲/۳۸۷ | ۵۸/۴۳۹ | ۶۸/۳۶۲ |

تعداد دانه در سنبله و کمترین میانگین صفت طول دوره پرشدن دانه در شرایط تنش خشکی بود. نمونه‌های ژنتیکی ۳۱ و ۵۴ در این گروه قرار گرفتند. گروه دوم با ۲۵ نمونه ژنتیکی به همراه رقم ماهوتی دارای بیشترین عضو بود. این گروه دارای بیشترین میانگین شاخص SSI، کمترین میانگین شاخص‌های STI، GMP، HM و MP، کمترین میانگین صفات ارتفاع بوته و روز تا گلدهی در شرایط نرمال و کمترین میانگین صفات وزن دانه پنج سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله در شرایط تنش خشکی بود. نمونه‌های ژنتیکی ۸، ۹، ۱۲،

نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی با استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای K means به پنج گروه تقسیم شدند. گروه اول دارای بیشترین میانگین شاخص‌های STI، GMP، HM و MP، کمترین میانگین شاخص‌های TOL و SSI، بیشترین میانگین صفت تراکم دانه در سنبله، کمترین میانگین صفات طول سنبله، وزن صد دانه، روز تا رسیدن کامل، و طول دوره پرشدن دانه در شرایط نرمال و بیشترین میانگین صفات وزن دانه پنج سنبله، تراکم سنبله، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در سنبله و

پرشدن دانه و بیشترین میانگین صفت طول دوره پرشدن دانه و کمترین میانگین صفات وزن صد دانه و روز تا گلدهی در شرایط تنش خشکی بود. نمونه‌های ژنتیکی ۲۴، ۳۲، ۳۳، ۳۹، ۴۲، ۴۶، ۵۱، ۵۲، ۵۶ و ۵۸ به همراه ارقام شاهد کویر و روشن در این گروه قرار گرفتند. محمدی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی ۶۷ لاین اینبرد نوترکیب تحت تنش خشکی نتیجه گرفتند که نمره تحمل تنش در جداسازی گروه A از سایر گروه‌ها (B، C و D) موفق بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای بر روی ۴۲ ژنوتیپ گندم نان در دو شرایط محیطی جداگانه (بدون اعمال تنش خشکی و تنش خشکی آخر فصل) براساس صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک توسط شهریاری (۱۳۹۵) ژنوتیپ‌های مورد بررسی را به پنج گروه تقسیم بندی کرد.

مجموع این نتایج حاکی از وجود تنوع بالای مواد ژنتیکی مورد ارزیابی از لحاظ صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی بود و لذا از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای تحمل به تنش خشکی در گندم نان استفاده نمود.

۱۳، ۱۵، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۶، ۳۸، ۴۰، ۴۱، ۴۵، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۵، ۵۷، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۳، ۶۷، ۶۹ به همراه رقم ماهوتی در این گروه واقع شدند. گروه سوم دارای بیشترین میانگین صفات ارتفاع بوته و روز تا گلدهی، کمترین میانگین صفات وزن دانه پنج سنبله و تعداد گلچه در سنبله در شرایط نرمال و بیشترین میانگین صفات روز تا رسیدن کامل و روز تا گلدهی در شرایط تنش خشکی بود. نمونه‌های ژنتیکی ۳، ۶، ۱۶، ۱۷، ۲۲، ۲۵، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۴، ۳۵، ۴۳ و ۴۷ در این گروه قرار گرفتند. گروه چهارم دارای بیشترین میانگین شاخص TOL، بیشترین میانگین صفات طول سنبله و وزن صد دانه و کمترین میانگین صفت تراکم سنبله در شرایط نرمال و بیشترین میانگین صفت وزن صد دانه و کمترین میانگین صفات تراکم سنبله و ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی بود. نمونه‌های ژنتیکی ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۳۶، ۳۷، ۴۴، ۶۲، ۶۴، ۶۵، ۶۶ و ۶۸ در این گروه واقع شدند. گروه پنجم دارای بیشترین میانگین صفات وزن دانه پنج سنبله، تعداد گلچه در سنبله، روز تا رسیدن کامل و طول دوره

جدول ۸- گروه‌های تشکیل شده توسط تجزیه خوشه‌ای به روش Kmeans در ارزیابی ۶۹ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران تحت شرایط تنش خشکی

| شرایط    | صفت                   | خوشه  |       |       |       |       |
|----------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |                       | اول   | دوم   | سوم   | چهارم | پنجم  |
|          | STI                   | ۰/۷۷  | ۰/۳۵  | ۰/۴۲  | ۰/۴۰  | ۰/۵۹  |
|          | GMP                   | ۵/۴۴  | ۳/۸۰  | ۴/۲۳  | ۴/۱۲  | ۵/۰۵  |
|          | MP                    | ۵/۵۸  | ۴/۳۶  | ۴/۶۳  | ۴/۷۰  | ۵/۴۱  |
|          | TOL                   | ۲/۳۱  | ۴/۰۲  | ۳/۴۵  | ۴/۱۴  | ۳/۶۸  |
|          | SSI                   | ۰/۶۵  | ۱/۰۷  | ۰/۹۲  | ۰/۹۹  | ۰/۸۵  |
|          | HM                    | ۵/۳۰  | ۳/۳۳  | ۳/۸۸  | ۳/۶۴  | ۴/۷۲  |
| نرمال    |                       |       |       |       |       |       |
|          | وزن دانه پنج سنبله    | ۶/۷۳  | ۶/۳۷  | ۶/۳۵  | ۶/۷۶  | ۷/۲۵  |
|          | طول سنبله             | ۶/۷۰  | ۷/۴۰  | ۷/۲۰  | ۷/۸۰  | ۷/۰۰  |
|          | تراکم سنبله           | ۲۷/۱۳ | ۲۱/۲۱ | ۲۱/۲۳ | ۲۱/۱۷ | ۲۳/۴۴ |
|          | وزن صد دانه           | ۳/۳۵  | ۳/۴۵  | ۳/۶۳  | ۳/۶۸  | ۳/۵۵  |
|          | تعداد پنجه بارور      | ۴     | ۴     | ۴     | ۴     | ۴     |
|          | ارتفاع بوته           | ۹۶    | ۸۷    | ۱۰۲   | ۸۸    | ۹۱    |
|          | تعداد سنبلچه در سنبله | ۱۸    | ۱۵    | ۱۵    | ۱۶    | ۱۶    |
|          | تعداد گلچه در سنبله   | ۲/۹   | ۲/۹   | ۲/۸   | ۲/۹   | ۳/۲   |
|          | تعداد دانه در سنبله   | ۴۸    | ۳۷    | ۳۷    | ۳۸    | ۴۶    |
|          | روز تا رسیدن کامل     | ۱۵۰   | ۱۵۳   | ۱۵۴   | ۱۵۳   | ۱۵۴   |
|          | روز تا گلدهی          | ۱۲۴   | ۱۱۴   | ۱۲۵   | ۱۲۴   | ۱۱۵   |
|          | طول دوره پرشدن دانه   | ۲۶    | ۳۹    | ۲۹    | ۳۰    | ۳۹    |
| تنش خشکی |                       |       |       |       |       |       |
|          | وزن دانه پنج سنبله    | ۴/۴۲  | ۲/۳۵  | ۲/۹۱  | ۲/۶۳  | ۳/۵۷  |
|          | طول سنبله             | ۴/۲   | ۵     | ۵     | ۵/۳   | ۵/۳   |
|          | تراکم سنبله           | ۴۲/۹۱ | ۲۷/۹۳ | ۲۸/۰۳ | ۲۷/۸۰ | ۲۸/۶۴ |
|          | وزن صد دانه           | ۲/۰۵  | ۱/۹۷  | ۲/۰۵  | ۲/۳۰  | ۱/۹۱  |
|          | تعداد پنجه بارور      | ۲     | ۲     | ۲     | ۲     | ۲     |
|          | ارتفاع بوته           | ۵۱    | ۴۸    | ۴۹    | ۴۳    | ۵۰    |
|          | تعداد سنبلچه در سنبله | ۱۷    | ۱۳    | ۱۴    | ۱۴    | ۱۵    |
|          | تعداد گلچه در سنبله   | ۲/۴   | ۲/۴   | ۲/۳   | ۲/۴   | ۲/۷   |
|          | تعداد دانه در سنبله   | ۴۱    | ۲۳/۳  | ۲۸/۵  | ۲۳/۳  | ۳۷/۵  |
|          | روز تا رسیدن کامل     | ۱۴۳   | ۱۴۸   | ۱۴۸   | ۱۴۷   | ۱۴۵   |
|          | روز تا گلدهی          | ۱۲۱   | ۱۱۴   | ۱۲۴   | ۱۲۲   | ۱۱۰   |
|          | طول دوره پرشدن دانه   | ۲۲    | ۳۴    | ۲۴    | ۲۵    | ۳۵    |
|          | تعداد عضو             | ۲     | ۲۷    | ۱۴    | ۱۷    | ۱۲    |



## منابع

- سلیمانی، ز.، ح. رامشینی، س.م.م. مرتضویان، و ب. فوقی. ۱۳۹۵. شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی در گندم نان بر اساس برخی صفات فیزیولوژیک و فنولوژیک. تحقیقات غلات. ۲۹۳-۳۰۵: (۳)۶.
- سلیمانی، ز.، ح. رامشینی، س.م.م. مرتضویان، و ب. فوقی. ۱۳۹۵. شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به تنش خشکی در گندم نان بر اساس برخی صفات فیزیولوژیک و فنولوژیک. تحقیقات غلات. ۲۹۳-۳۰۵: (۳)۶.
- شهبازی، ه.، ا. ارزانی و م. اسماعیل زاده مقدم. ۱۳۹۵. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیک در لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم. فرآیند و کارکرد گیاهی. ۱۲۳-۱۳۱: (۱۵)۵.
- شهریاری، ر. ۱۳۹۵. ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۴۱۳-۴۳۰: (۳۸)۲.
- قلی‌پور، س. ع. عبادی، و ق. پرمون. ۱۳۹۵. بررسی اثر تنش خشکی بر انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱۱-۱۲۸: (۳۱)۸.
- احمدی لاهیجانی، م.ج. وی. امام. ۱۳۹۵. تأثیر تنش خشکی پس از گلدهی بر سرعت فتوسنتز و محتوای کلروفیل ژنوتیپ‌های گندم. مجله فیزیولوژی و پرورش گیاهان. ۵۲: (۱)۶-۳۵.
- ارشد، ی. و م. زهراوی. ۱۳۹۰. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس صفات فیزیولوژیک در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳: (۱)۱۷۷-۱۵۷.
- بخشایشی قشلاق، م. و م. شکارچی زاده. ۱۳۹۴. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۷: (۱۶)۷-۵۹: ۴۹.
- توکلی، ن.، ع. عبادی خزینه و ح. توکلی. ۱۳۹۴. تغییرات عملکرد ماده خشک و برخی از اسمولیت‌ها و عناصر در ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) تحت تنش کم آبی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی (علوم کشاورزی). ۳۵۳-۳۷۰: (۳)۹.
- سعیدی، م.، م. محمدی، م. شفیع‌ی ابنوی، ز. اسکندری قلعه و م. عبدلی. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی پس از گلدهی بر توان ذخیره سازی و میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸: (۳۰)۸-۶۹.

procedures for evaluating drought tolerance indices of bread wheat genotypes. *Advance in Agriculture and Biology*. 4(1): 19-30.

**International Board For Plant Genetic Resources.** 1978. Descriptors for wheat and Aegilops. IBPGR, Rome, Italy.

**Kirigwi, F.M., Van Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R.G., Rajaram, S. and G.M. Paulsen.** 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica*. 135, 361–371.

**Mardeh A.S.S., Ahmadi A., Poustini K. and V. Mohammadi.** 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *FieldCrops Research*. 98: 222–229.

**Moustafa, M.A., Boersma, L. and W.E. Kronstad.** 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Sci*. 36: 982-986.

**Mwadingeni, L., Shimelis, H., Dube, E., Laing, M.D. and T.J. Tsilo.** 2016. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*. 15(5):935-943.

**Rajaram, S., Braun, H.J. and M. Van Ginkel.** 1996. CIMMYT's approach to breed for drought tolerance. *Euphytica* 92: 147–153.

محمدی، ف. محمدی نژاد، ق. و ب. ناخدا. ۱۳۹۴. شناسایی لاین‌های متحمل به تنش خشکی در گندم نان. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۸(۲): ۲۴۹-۲۵۸.

مسچی باهوش، م.، غ. رنجبر، ح. عباس دخت و ح. نجفی زرینی. ۱۳۹۶. تعیین شاخص‌های مناسب برای ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های دابل هاپلوئید گندم نان (*Triticum aestivum* L.) فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹(۳۶): ۸۳-۹۹.

**Ali, M.B. and A.N. El-Sadek.** 2016. Evaluation of drought tolerance indices for wheat (*Triticum aestivum* L.) under irrigated and rainfed conditions. *Communications in Biometry and Crop Science*. 11(1):77-89.

**Blum A.** 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, FL, 38–78.

**Blum, A.** 1996. Yield potential and drought resistance: are they mutually exclusive? In: Reynolds M.P., Rajaram S., Mc Nab A. (Eds.) Increasing yield potential in wheat. Breaking the barriers, 90–101.

**El-Mohsen, A.A.A., El-Shafi, M.A., Gheith, E.M.S. and H.S. Suleiman.** 2015. Using different statistical

---

## Study of changes in agronomic traits under drought stress conditions in bread wheat populations

Y. Arshad<sup>1</sup>, M. Zahravi<sup>1\*</sup>, A. Soltani<sup>2</sup>

1. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2. Research Center of Agriculture and Natural Resources of Yazd, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

### Abstract

In order to identify the effective traits on drought tolerance and selection of tolerant germplasm, 512 accessions from wheat collection of the National Plant Gene Bank of Iran were evaluated during 2013-2014 in two separate experiments including normal irrigation and drought stress conditions in the form of augmented design in Yazd. A total of 69 accessions survived under drought stress condition in which the following the traits of grain weight of five spikes, spike length, spike density, 100 seed weight, number of fertile tillers, plant height, number of spikelets per spike, number of florets per spikelets, number of seed per spike, day to flowering, day to full maturity and grain filling period were measured according to the instructions of IBPGR. The results of the descriptive statistics showed that grain weight of five spikes and number of fertile tillers under both normal irrigation and drought stress conditions had the highest coefficient of variation. Comparison of mean values of the evaluated traits showed that drought stress reduced all traits (except spike density) compared to normal irrigation condition. The highest average of traits loss due to drought stress belonged to grain weight of five spikes (57.91%). The results of stepwise regression analysis showed that the number of seeds per spike in stress condition, 100 seed weight under normal irrigation and stress conditions, spike density under stress and number of spikelets per spike under normal irrigation entered the regression model justifying 81% of STI variation. The studied accessions were split into five groups through cluster analysis using K means method. The total results indicated high genetic diversity in the genetic materials under study in terms of the traits related to drought stress tolerance.

**Key words:** Gene pool, National Plant Gene Bank of Iran, Variation

---

\* Corresponding author (mzahravi@spii.ir)