



تولید لاین های خالص گندم دوروم و نان آبی با استفاده از بهنژادی سریع: روش انتخاب تک بذر

Development of Irrigated Durum and Bread Wheat Pure Lines using Speed Breeding: Single Seed Descent Method

توحید نجفی میرک^{۱*}، امیر کبیری^۲

۱- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- کارشناس، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵

چکیده

نجفی میرک، ت. و کبیری، ا. ۱۴۰۳. تولید لاین های خالص گندم دوروم و نان آبی با استفاده از بهنژادی سریع: روش انتخاب تک بذر. نهال و بذر ۴۰:

این پژوهش با هدف تولید لاین های جدید گندم دوروم و نان آبی با استفاده از بهنژادی سریع، روش انتخاب تک بذر (SSD)، در بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال های زراعی ۱۴۰۰-۰۳ انجام شد. براساس اهداف برنامه بهنژادی گندم نان و دوروم، تعداد ۲۵ برنامه دورگ گیری بین ارقام گندم دوروم و چهار برنامه دورگ گیری بین ارقام گندم نان در سال زراعی ۱۴۰۰-۰۱ انجام و در سال بعد در شرایط مزرعه نسل های F1 و F2 ارزیابی و تولید شد. پس از حذف نتاج شش دورگ گیری گندم دوروم، بذور تعداد ۲۳ جمعیت F2 در شرایط کنترل شده گلخانه و با استفاده از روش انتخاب تک بذر (SSD) برای تولید لاین های خالص کشت شدند. شرایط گلخانه شامل ۲۲ ساعت روشنایی و دو ساعت تاریکی به ترتیب با دمای دما در دوره تاریکی ۱۸-۱۷ درجه سانتی گراد و در دوره روشنایی ۲۳-۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت ۷۰-۶۰ درصد بود. مدت زمان تولید بذر در هر نسل حدود ۷۰-۸۰ روز طول کشید. در نسل های F2، F3 و F4 از هر سنبله یک بذر برداشت و برای تولید نسل بعد کشت شد. در نسل F5 کلیه بذور هر سنبله بطور جداگانه در یک پاکت برداشت و به عنوان لاین های خالص نسل F6 وارد مراحل بعدی برنامه بهنژادی گندم آبی کشور گردید. در پایان دوره این پژوهش، از ۲۳ دورگ گیری، ۱۴۵۶ لاین نسل F6 تولید و در سال زراعی بعد در شرایط مزرعه برای ازدیاد بذر و انتخاب لاین های خالص دارای صفات مطلوب زراعی کشت می شوند. اگر این فرایند به روش های بهنژادی متداول انجام می شد، هفت سال طول می کشید، بنابراین، با این روش چهار سال در زمان مورد نیاز برای تهیه لاین خالص جدید صرفه جویی می شود. هزینه های تولید لاین های خالص گندم نیز به طور قابل توجهی کاهش می یابد.

واژه های کلیدی: گندم، دورگ گیری، نسل های در حال تفکیک، صفات مطلوب، تعداد بذر



مقدمه

گندم سهم عمده‌ای در تغذیه انسان دارد. این محصول راهبردی سالانه بیش از ۵۰٪ از زمین‌های زراعی کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد. طبق آمار نامه وزارت جهاد کشاورزی از مجموع ۱۳ میلیون هکتار اراضی زیر کشت ایران بالغ بر ۷/۵ میلیون هکتار به کشت گندم اختصاص دارد. در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ گندم آبی با سطح ۲/۸ میلیون هکتار و تولید ۱۰/۴۷۷ میلیون تن سهم ۶۳ درصدی و گندم دیم با ۴/۷۱۱ میلیون هکتار و تولید ۶/۱۴۲ میلیون تن سهم ۳۷ درصدی را در میزان تولید گندم کشور (۱۶/۶۲۰ تن) داشتند (Anonymous, 2023).

آمار سطح زیر کشت و تولید گندم دوروم در ایران با آمار گندم نان در ایران به صورت جداگانه ارائه نمی‌شود. با این حال بر اساس اطلاعات موجود میانگین دوره سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸ در جهان ۱۷ میلیون هکتار با تولید حدود ۳۷ میلیون تن و در ایران بالغ بر حدود ۲۲۰ هزار هکتار با تولید حدود ۴۱۰ هزار تن بود (Anonymous, 2017). نیاز کشور به حدود یک میلیون تن گندم دوروم برای تولید ماکارونی و سایر فرآورده‌های مرغوب می‌باشد. ارقام اصلاح شده در افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت فرآورده‌های این محصول بسیار مهم است (Najafi Mirak et al., 2015). در این راستا ضرورت دارد تا همواره ارقام پر پتانسیل برای کشت و تولید بیشتر و کیفیت

مطلوب در دسترس کشاورزان قرار گیرد. این امر با پویا بودن برنامه به‌نژادی و تولید مستمر ارقام جدید و با خصوصیات برتر میسر می‌شود. دورگ گیری والدین و تولید لاین‌های خالص گندم در برنامه‌های به‌نژادی متداول هفت سال طول می‌کشد که این زمان در برنامه به‌نژادی سریع در شرایط کنترل شده گلخانه به سه سال کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر چهار سال در زمان دورگ گیری والدین و تهیه لاین خالص و در نتیجه در فرایند آزادسازی و معرفی ارقام جدید صرفه جویی می‌شود. همچنین هزینه تولید لاین‌های خالص گندم و مصرف آب برای آبیاری نسل‌های در حال تفکیک صفات در مزرعه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (Najafi Mirak, 2024).

دورگ گیری و تولید لاین خالص در روش‌های متداول به‌نژادی گندم به زمان طولانی (حداقل هفت سال) نیاز دارد که اخیراً برای حل این مشکل و کاهش مدت زمان لازم برای رسیدن به لاین‌های خالص از به‌نژادی سریع بعنوان یک راهبرد جدید برای تولید ارقام جدید در کوتاه مدت استفاده می‌شود. در این روش گیاهان در اتاقک‌های رشد کنترل شده یا گلخانه‌ها با استفاده از شدت و کیفیت مطلوب نور، طول روز و دمای خاص روز رشد می‌کنند که باعث تسریع فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی در گیاهان به ویژه فتوسنتز و گلدهی می‌شود. بنابراین زمان از بذر تا بذر کوتاه می‌شود (Watson et al., 2018).

به‌نژادی سریع ریشه در تحقیقات سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (*National Aeronautics and Space Administration; NASA*) در دهه ۱۹۸۰ دارد که در ابتدا برای کشت گیاهان در فضا طراحی شده بود. در این پروژه امکان تولید سریع گندم در ایستگاه‌های فضایی برای تأمین نیازهای فضانوردان مورد بررسی قرار گرفت (*Ghosh et al. 2018; Hickey et al. 2019; Imam et al., 2024*). پس از آن سایر پژوهشگران نیز به‌نژادی سریع را بعنوان یک روش قدرتمند برای تسریع برنامه های به‌نژادی گیاهان زراعی معرفی کردند (*Watson et al., 2018; Jin-Kyung et al. 2023*).

یکی از روش های به‌نژادی سریع روش انتخاب تک بذر (= *Single seed descent*) در SSD) در شرایط کنترل شده است با این روش که در هر نسل خود باروری از هر بوته فقط یک بذر برداشت می‌شود، علاوه بر صرفه جویی در زمان، رقابت بین بوته‌ها و گزینش طبیعی نیز به حداقل رسیده و در نتیجه حداکثر تنوع تا رسیدن به خلوص حفظ می‌شود. این روش نخستین بار توسط بریم (*Brim, 1996*) برای به‌نژادی گیاه سویا پیشنهاد شد. تین و کوالست (*Tea and Qualset, 1975*) نیز از این روش برای اداره نسل های F2 تا F5 و تهیه لاین های گندم استفاده کرده است در این روش از طریق اعمال شرایط خاص نوری، دمایی و رطوبتی در محیط‌های کنترل شده مثل گلخانه یا اتاقک‌های

رشد، فرایندهای فیزیولوژیکی به ویژه فتوسنتز، گلدهی و زمان رسیدن تسریع می‌شود. طول دوره روشنایی (فتوپریود)، شدت و کیفیت نور به عنوان عوامل نوری بسیار مهم، تأثیر مستقیمی بر رشد گیاه، فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و نرخ تعرق دارد (*Yang et al., 2017*). هر نوری که طیفی منطبق بر تابش فعال فتوسنتزی (۷۰۰-۴۰۰ نانومتر) شامل نور آبی (Blue)، قرمز (Red) و قرمز دور (Far-red) تولید کند، برای به‌نژادی سریع مناسب است (*Takemiya et al., 2005; Davis and Burns, 2016; Ghosh et al., 2018*).

علاوه طیف های نوری خاص، نقش شدت نور و فتوپریود در تسریع گلدهی گیاهان روز بلند از جمله گندم مورد تأکید محققان مختلف قرار گرفته است. دابکووسکی و همکاران (*Dubcovsky et al., 2006*) نشان دادند که اگر گندم تحت شرایط ۲۲ ساعت روشنایی و دو ساعت تاریکی و با شدت نوری ۱۹۰-۱۵۰ میکرومول در متر مربع در ثانیه رشد داده شوند، مدت زمان گلدهی آن در مقایسه با ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به نصف کاهش پیدا کرد. در جو نیز ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی با شدت نور ۵۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه باعث تسریع در گلدهی شد (*Zheng et al., 2013*).

در کنار نور و فتوپریود، دما و اثر متقابل آن با فتوپریود نیز نقش اساسی در تسریع گلدهی گیاهان دارد. در روش به‌نژادی سریع برای

(Iran-CIMMYT) تحت عنوان "افزایش عملکرد گندم و بهره وری نظام های زراعی گندم بنیان در ایران" در سال ۱۳۹۶ مطرح و در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقات کشاورزی دیم ایران نسبت به تجهیز گلخانه هایی برای این منظور اقدام شد.

با تعلیق فعالیت های CIMMYT در ایران، مسئولیت اجرای این فعالیت ها به بخش تحقیقات غلات موسسات مذکور منتقل شد (Jafarzadeh *et al.*, 2021; Najafi Mirak, 2024). مهمترین فعالیت های تحقیقاتی انجام شده در این زمینه، استفاده از روش انتخاب تک بذر (SSD) در محیط کنترل شده در برنامه بهنژادی سریع گندم دوروم در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر بود که در آن نتایج بررسی های مختلف روی فتوپریود، دما و شدت و کیفیت نور از منابع لامپ های متفاوت نشان داد که فتوپریود ۲۲ ساعت روشنایی (۱۶۰۰۰ لوکس) با دمای ۲۳-۲۵ درجه سانتیگراد و دو ساعت تاریکی با دمای ۱۷-۱۸ درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی ۷۰ درصد فضای گلخانه مناسب ترین شرایط برای بهنژادی سریع گندم دوروم بود (Najafi Mirak, 2024).

این پژوهش با هدف کاهش مدت زمان لازم برای تولید، آزادسازی و معرفی ارقام جدید گندم دوروم حاصل با استفاده از روش بهنژادی انتخاب تک بذر (Single Seed Descent = SSD) در شرایط گلخانه و مزرعه طراحی و اجرا شد.

بهنژادی گندم، دمای بالاتر در مدت زمان روشنایی و دمای پایین تر در زمان تاریکی به طور موفقیت آمیزی باعث تسریع رشد رویشی و زایشی شد (Ghosh *et al.*, 2018). البته دمای مورد نیاز برای جوانه زنی در بیشتر محصولات بین ۱۲ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و دمای بهینه برای رشد، گلدهی و تشکیل بذر در بیشتر محصولات بین ۲۵ تا ۳۰ درجه گزارش شده است (Wanga *et al.*, 2021). رطوبت نسبی محیط نیز از عوامل موثر بر رشد و گلدهی گیاه دارد و مناسب ترین محدوده رطوبتی برای بهنژادی سریع ۶۰-۷۰ درصد گزارش شده است (Watson *et al.*, 2018).

در دهه اخیر در ایران نیز مطالعات پراکنده ای در خصوص بهنژادی سریع انجام شده است که از جمله آنها می توان به بررسی تأثیر رژیم آبیاری و کیفیت نور بر بهنژادی سریع گندم بهاره در دانشگاه تهران اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که دوره نوری ۱۶ ساعت با شدت نور ۲۳۰۰۰ لوکس با ترکیب لامپ بنفش ویژه رشد و LED سفید با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و هشت ساعت تاریکی با دمای ۲۲ درجه سانتیگراد با رطوبت ۸۵ و ۶۵ درصد بترتیب در طول روز/شب، شرایط مناسبی برای بهنژادی سریع گندم است (Mohammadi *et al.*, 2024). ایده استفاده از بهنژادی سریع در برنامه های بهنژادی کاربردی گندم با شروع پروژه تحقیقاتی مشترک بین ایران و مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم

مواد و روش ها

دورگ گیری و ایجاد تنوع ژنتیکی

به منظور تهیه ژرم پلاسما متنوع مورد نیاز برای برنامه های بهنژادی گندم بهاره در سال زراعی ۱۴۰۰-۰۱ تعدادی دورگ گیری بین ارقام اصلاح شده و بومی گندم دوروم و نان با خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مختلف در بلوک های دورگ گیری در شرایط مزرعه انجام شد. برای این منظور هر لاین یا رقم موجود در بلوکهای دورگ گیری در دو خط ۱/۵ متری در دو تاریخ کاشت با فاصله ۲۰ تا ۲۵ روز کشت شدند تا غیر همزمانی ارقام زودرس و دیررس برای تلاقی آنها مشکل ساز نشود. براساس اهداف بهنژادی تعدادی دورگ گیری بین ارقام و لاین های کشت شده انجام و نسل F1 از آنها تولید شد. در هر برنامه دورگ گیری از سه تا ۵ سنبله استفاده شد.

در سال زراعی بعد بذور نسل F1 در خطوطی به طول ۱/۵ متر کشت و به منظور اطمینان از موفقیت دورگ گیری های ساده از والدین هر ترکیب یک خط در کنار کرت مربوطه کشت شد و با توجه به صفات مورفولوژیکی والدین، بوته هایی که احتمال داده می شد حاصل خودباروری والد مادری باشند، حذف شدند. از بقیه گیاهان مربوط به هر برنامه دورگ گیری بذور بصورت بالک برداشت و بعنوان بذور نسل F2 که دارای بیشترین تنوع ژنتیکی بودند، برای تولید

لاین های خالص در شرایط کنترل شده با استفاده از روش انتخاب تک بذر (SSD) استفاده شد.

تولید لاین های خالص به روش انتخاب تک بذر (SSD)

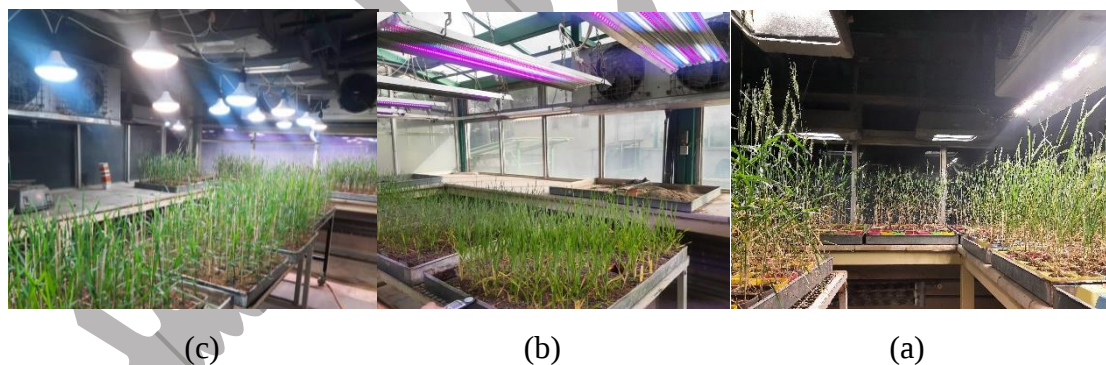
در سال زراعی ۱۴۰۲-۰۳، ۲۳ جمعیت نسل F2 گندم نان و دوروم بهاره وارد مرحله مدیریت نسل های در حال تفکیک صفات در شرایط کنترل شده گلخانه شد و در یک سال لاین های خالص تهیه شد. بدین منظور از هر نسل F2 به طور متوسط ۱۰۰-۱۲۰ بذر در گلخانه کشت گردید. لازم به ذکر است با توجه به محدودیت فضا، تعداد بذور کشت شده در نسل F2 در این روش کمتر از روش های رایج مزرعه ای بود. البته چون تا نسل ششم بر خلاف مدیریت نسل در شرایط مزرعه، در این روش هیچ گونه انتخاب و حذفی انجام نمی شود با همین تعداد بذر هم در انتهای برنامه، لاین های خالص زیادی با تنوع صفات بدست می آید. پس از رسیدن فیزیولوژیکی که حدود ۷۰-۸۰ روز طول کشید، از هر سنبله یک بذر برداشت و برای تولید نسل بعد مجدداً کشت شد. نسل های F3 و F4 نیز به همین روش و هر کدام طی ۷۰ الی ۸۰ روز کاشت و برداشت شدند. در نهایت سنبله های تولید شده در نسل F5 برخلاف نسل های قبل که فقط یک بذر از هر کدام از آنها برداشت می شد، بصورت کامل برداشت و در سال زراعی بعد در قالب نسل F6 در شرایط مزرعه برای ازدیاد بذر و انتخاب

گندم شامل دو ساعت تاریکی و ۲۲ ساعت روشنایی بود. دما در مدت زمان تاریکی ۱۷-۱۸ درجه سانتی گراد و در مدت زمان روشنایی ۲۳-۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت هوای گلخانه ۶۰-۷۰ درصد بود. در گلخانه از سه نوع منبع نوری مختلف برای تامین روشنایی لازم استفاده شد. این منابع نوری شامل لامپ های SMD (Surface Mounted Diode) با طیف های نوری بنفش و زرد به نسبت مساوی با شدت ۱۰-۱۳ هزار لوکس، (Light Emitting LED Diode) نواری با طیف های نوری سفید، آبی و بنفش به نسبت ۲:۱:۱ با شدت چهار تا شش هزار لوکس و لامپ های LED معمولی با شدت ۱۳ الی ۱۶ هزار لوکس استفاده شد (شکل ۱).

لاین های خالص کشت شدند. بذور قبل از کشت به مدت پنج روز در دمای چهار درجه سانتیگراد برای شکستن خواب بذر سرما داده شد. بعد از سرمادهی با محلول ویتاواکس ضد عفونی و پس از جوانه زنی در پتری دیش به گلدانهایی با قطر و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر مربع منتقل شدند. بستر کشت در گلدانها شامل یک سوم خاک مزرعه، یک سوم ماسه و یک سوم پیت ماس بودند و در هر گلدان سه گیاهچه کشت شدند بعبارت دیگر برای هر جمعیت بسته به تعداد بذر و گیاهچه سبز شده آنها، ۳۵-۴۰ گلدان استفاده شد.

شرایط گلخانه برای تولید نسل

شرایط گلخانه برای تولید نسل های مختلف



شکل ۱. لامپ های مورد استفاده در گلخانه برای برنامه بهنژادی سریع، (a): لامپ های SMD با طیف های نوری بنفش و زرد به نسبت مساوی با شدت ۱۰-۱۳ هزار لوکس، (b): LED نواری با طیف های نوری سفید، آبی و بنفش به نسبت ۲:۱:۱ با شدت ۴-۶ هزار لوکس، و (c): لامپ های LED معمولی با شدت ۱۳ الی ۱۶ هزار لوکس

Fig. 1. Lamps used in the greenhouse for the speed breeding, (a): SMD lamps with violet and yellow light spectra with an intensity of 10-13 thousand lux, (b): strip LED with white, blue and violet light spectra in a ratio of 2:1:1 with an intensity of 4-6 thousand lux, and (c): conventional LED lamps with an intensity of 13-16 thousand lux

نتایج و بحث

دورگ گیری ها و تولید نسل F1

بر اساس اهداف بهژادی سریع تعداد ۲۵ دورگ گیری ساده و مرکب بین ارقام اصلاح شده و بومی گندم دوروم کشت شده در بلوک های دورگ گیری انجام و نسل F1 از آنها در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ تولید شد. از هر دورگ گیری تعداد چهار تا ۵۲ بذر بدست آمد که کمترین آن مربوط به دورگ گیری های

Shabrang و MV.CB.444/Co.C13774

Co.C1614/ با چهار بذر و بیشترین بذر از

دورگ گیری مرکب Khorasan/Aran//Khorasan//3/Khorasan با ۵۲ بذر حاصل شد. لیست دورگ گیری ها و تعداد بذر حاصل از هر دورگ گیری در جدول ۱ ارائه شده است. در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ بذور حاصل از این دورگ گیری ها به همراه والدین برای اطمینان از خود گشن نبودن آنها و تولید نسل F2 کشت شد.

جدول ۱- والدین، نام دورگ های گندم دوروم و تعداد بذر F1 حاصل از هر یک از آنها در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲

Table 1. Parents, Cross names and the number of F1 seeds from each cross in 2021-22 cropping season

ردیف No.	والد مادری Female parent	والد پدری Male parent	نام دورگ Cross name	تعداد بذر Seed Number
1	Hana	Co.C1616	Hana/Co.C1616	21
2	Shabrang	Co.C1616	Shabrang/Co.C1616	23
3	Khorasan	Co.C1616	Khorasan/Co.C1616	36
4	MV.CB.444	Co.C13774	MV.CB.444/Co.C13774	4
5	MV.CB.444	Co.C13846	MV.CB.444/Co.C13846	40
6	MV.CB.444	Co.C14159	MV.CB.4444/Co.C14159	5
7	Co.C1614	Hana	Co.C1614/Hana	7
8	Co.C1614	Shabrang	Co.C1614/Shabrang	4
9	Co.C1614	Khorasan	Co.C1614/Khorasan	33
10	Co.C13774	Aran	Co.C13774/Aran	30
11	Co.C13774	Sana	Co.C13774/Sana	12
12	Co.C13846	Aran	Co.C13846/Aran	25
13	Co.C13846	Sana	Co.C13846/Sana	19
14	Co.C14159	Aran	Co.C14159/Aran	37
15	Co.C14159	Sana	Co.C14159/Sana	38
16	Aran/Behrang//Aran	Aran	Aran/Behrang//Aran/3/Aran	31
17	Aran/2*OSUWD99	OSUWD99	Aran/2*OSUWD99//OSUWD99	7
18	Aran/2*OSUWD99	OSUWD99	Aran/2*OSUWD99//OSUWD99	40
19	Hana/2*Behrang	Behrang	Hana/2*Behrang//Behrang	5
20	Dena/Hana//Dena	Dena	Dena/Hana//Dena/3/Dena	29
21	Dena/Aran//Dena	Dena	Dena/Hana//Dena/3/Dena	34
22	Khorasan/2*Aran	Aran	Khorasan/2*Aran//Aran	8
23	Khorasan/Aran//Khorasan	Khorasan	Khorasan/Aran//Khorasan/3/Khorasan	52
24	Khorasan/2*Hana	Hana	Khorasan/2*Hana//Hana	50
25	Khorasan/Hana//Khorasan	Khorasan	Khorasan/Hana//Khorasan/3/Khorasan	51

تولید نسل F2

دورگ های شماره ۵، ۶، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ بودند

(جدول ۱). بنابراین شش F1 مذکور حذف و از ۱۹

دورگ باقی مانده بذر F2 برداشت شد.

علاوه بر این چهار جمعیت F2 گندم نان نیز

از برنامه بهنژادی اقلیم معتدل برای تهیه لاین

خالص در اختیار واحد بهنژادی سریع قرار

گرفت. از هر کدام از ۲۳ جمعیت F2 تعداد

۱۲۰ بذر بصورت تصادفی انتخاب و در شرایط

کنترل شده گلخانه کشت شد. شجره این

جمعیت ها در جدول ۲ ارائه شده است.

در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بذور نسل های F1

به همراه والدین در مزرعه کشت و از نظر

خصوصیات مورفولوژیکی نظیر رنگ و نوع سنبله،

شکل و مومی و غیر مومی بودن برگها، ارتفاع

گیاهان نسل F1 حاصل از دورگ گیری با والدین

مورد مقایسه قرار گرفت و آنهایی که شباهت خیلی

زیادی با والد مادری داشتند به عنوان دورگ های

مشکوک به خود گشتی والد مادری تشخیص داده

شد و حذف شدند. این دورگ ها شامل

جدول ۲ - شجره جمعیت های نسل های F2 گندم دوروم و نان برای تولید لاین های خالص با استفاده از

روش انتخاب تک بذر (SDS)

Table 2. Pedigree of F2 populations of durum (DW) and bread (BW) wheat for production of pure lines using single seed descent method (SDS)

ردیف No.	شجره Pedigree	نوع Type	منشاء Origin
1	Hana/Co.C1616	DW	CB-Karaj
2	Shabrang/Co.C1616	DW	CB-Karaj
3	Khorasan/Co.C1616	DW	CB-Karaj
4	MV.CB.444/Co.C13774	DW	CB-Karaj
5	Co.C1614/Hana	DW	CB-Karaj
6	Co.C1614/Shabrang	DW	CB-Karaj
7	Co.C1614/Khorasan	DW	CB-Karaj
8	Co.C13774/Aran	DW	CB-Karaj
9	Co.C13774/Sana	DW	CB-Karaj
10	Aran/Behrang//2*Aran	DW	CB-Karaj
11	Aran/3*OSUWD99	DW	CB-Karaj
12	Aran/3*OSUWD99	DW	CB-Karaj
13	Hana/3*Behrang	DW	CB-Karaj
14	Dena/Hana//2*Dena	DW	CB-Karaj
15	Dena/Aran//2*Dena	DW	CB-Karaj
16	Khorasan/3*Aran	DW	CB-Karaj
17	Khorasan/Aran//2*Khorasan	DW	CB-Karaj
18	Khorasan/3*Hana	DW	CB-Karaj
19	Khorasan/Hana//2*Khorasan	DW	CB-Karaj
20	Sivand/C-84-8//Farin	BW	CB-Karaj
21	HAAMA-11/Niknejad//Torabi	BW	CB-Karaj
22	KATILA-8/4/KAUZ/BAV92/3/CROC-1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/5/MUNIA/ALTAR 84//MILAN/6/Torabi	BW	CB-Karaj
23	CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/6/ MTRWA92.161/ RINIA/5/SERI*3//RL6010/4*YR/3/PASTOR/4/BAV92/7/Amin	BW	CB-Karaj

تولید لاین های خالص

بعد مجددا کشت شد.

براساس یادداشت برداری مراحل کاشت تا برداشت بذر در هر نسل شامل ۴-۵ روز سرما دهی بذر، ۴-۵ روز جوانه زنی، حدود ۲۵-۲۰ روز از جوانه زنی تا آبستنی (Booting) و حدود ۴۵-۴۰ روز از آبستنی تا رسیدن فیزیولوژیکی بود. با توجه به اینکه جمعیت های مورد بررسی در این پژوهش از نظر ژنتیکی دارای تنوع درون و بین جمعیتی بودند، یادداشت برداری از مراحل رشد و سایر خصوصیات زراعی انجام نشد. به همین دلیل یادداشت برداری ها بصورت کلی و میانگین جمعیت ها انجام و نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

در نیمه دوم شهریور ۱۴۰۲ تعداد ۲۳ جمعیت نسل های F2 گندم دوروم و نان حاصل از برنامه دورگ گیری سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شرایط کنترل شده گلخانه کشت و با استفاده از روش انتخاب تک بذر (Single Seed Descent) لاین های خالص در یک سال تولید شدند. بدین منظور از هر نسل F2 با توجه به محدودیت فضای گلخانه، تعداد ۱۲۰ بذر در گلخانه تحت شرایط کنترل شده کشت شد. پس از رسیدن به مرحله فیزیولوژیکی که حدود ۸۰-۷۰ روز طول کشید از هر سنبله یک بذر برداشت و برای تولید نسل

جدول ۳- مراحل کاشت تا برداشت بذر در هر نسل گندم و شرایط محیط کنترل شده در روش انتخاب تک بذر (SSD)

Table 3. Sowing to seed harvesting stages in each wheat generation and environmental conditions in the single seed descent method

Stages	مراحل	دوره روشنایی (ساعت) Photoperiod (hours)	دما (سانتیگراد) Temperature (°C)	طول دوره (روز) Duration (day)
Seed chilling	سرما دهی بذر	Day: 12 Night: 12	2-4	4-5
Germination	جوانه زنی	Day: 12 Night: 12	20-25	4-5
Stem elongation and booting	طولیل شدن ساقه و آبستنی	Day: 22 Night: 2	Day: 23-25 Night: 17-18	22-25
Physiological Maturity and seed harvest	رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت بذر	Day: 22 Night: 2	Day: 23-25 Night: 17-18	40-45

همانند نسل های قبل انجام شد ولی بجای برداشت تک بذر از هر سنبله، کلیه بذور مربوط به هر سنبله جداگانه برای کشت در مزرعه به عنوان لاین خالص برداشت شد. در نهایت تعداد

از ۲۳ جمعیت گندم دوروم و نان، در نسل های F3 و F4 همانند نسل F2 تولید و برداشت تک بذر از هر سنبله انجام شد. در نسل F5 نیز مدیریت کلیه مراحل رویش و زایشی

۴۴۲ لاین خالص از چهار برنامه دورگ گیری
دورگ گیری گندم دوروم در سه سال زراعی
گندم نان و ۱۰۱۴ لاین خالص از ۱۹ برنامه
تولید شد (جدول ۴).

جدول ۴- شجره و تعداد لاین های خالص گندم تولید شده با استفاده از روش انتخاب تک بذر

Table 4. Pedigree and number of pure wheat lines produced using single seed descent method

ردیف No.	شجره Pedigree	تعداد لاین خالص Number of pure line	نوع Type
1	Hana/Co.C1616	73	DW
2	Shabrang/Co.C1616	63	DW
3	Khorasan/Co.C1616	35	DW
4	MV.CB.444/Co.C13774	30	DW
5	Co.C1614/Hana	59	DW
6	Co.C1614/Shabrang	76	DW
7	Co.C1614/Khorasan	30	DW
8	Co.C13774/Aran	72	DW
9	Co.C13774/Sana	40	DW
10	Aran/Behrang//2*Aran	83	DW
11	Aran/3*OSUWD99	57	DW
12	Aran/3*OSUWD99	39	DW
13	Hana/3*Behrang	64	DW
14	Dena/Hana//2*Dena	62	DW
15	Dena/Aran//2*Dena	39	DW
16	Khorasan/3*Aran	59	DW
17	Khorasan/Aran//2*Khorasan	35	DW
18	Khorasan/3*Hana	70	DW
19	Khorasan/Hana//2*Khorasan	28	DW
20	Sivand/C-84-8/Farin	113	BW
21	HAAMA-11/Niknejad/Torabi	122	BW
22	KATILA-8/4/SKAUZ/BAV92/3/CROC-1/AE.SQUARROSA (224)/OPATA/5/MUNIA/ALTAR 84/MILAN/6/Torabi	79	BW
23	CROC_1/AE.SQUARROSA(205)/BORL95/3/PRL/SARA/T SI/VEE#5/4/FRET2/6/ MTRWA92.161/RINIA/5/SERI*3// L6010/4*YR/3/PASTOR/4/BAV92/7/Amin	128	BW
Total pure lines		1456	

عملکرد دانه مقدماتی، پیشرفته و سازگاری
با مناطق هدف که شامل اقلیم های معتدل
و گرم و خشک کشور می باشد، در سال
زراعی ۱۴۰۳-۰۴ در شرایط مزرعه کشت
می شوند.

در کنار تولید لاین های خالص مقایسه ای
هم بین زمان رسیدن فیزیولوژیکی گندم در

اگر این مراحل طبق روال روش های متداول
به نژادی گندم پیش می رفت، حداقل شش سال
زمان لازم بود تا به لاین خالص برسد، به عبارت
دیگر سه سال در تولید لاین های خالص گندم با
روش جدید صرفه جویی شد. این لاین های
خالص (نسل F6) برای انتخاب اولیه و ازدیاد
بذر مورد نیاز برای انجام آزمایشات مقایسه

شرایط دما و رطوبت ثابت ولی منابع نوری مختلف انجام شد. نتایج نشان داد که منابع نوری که شامل لامپ های SMD با طیف های نوری بنفش و زرد به نسبت مساوی با شدت ۱۳-۱۰ هزار لوکس، LED نواری با طیف های نوری سفید، آبی و بنفش به نسبت ۱:۱:۲ با شدت ۴-۶ هزار لوکس و لامپ های LED معمولی با شدت ۱۳ الی ۱۶ هزار لوکس بودند اثر قابل ملاحظه ای در زمان رسیدن فیزیولوژیکی دانه نداشتند، ولی در نور LED سفید با شدت ۱۶ هزار لوکس سنبله های گندم بزرگ تر، وزن هزار دانه سنگین تر و تعداد دانه بیشتری حاصل شد. همچنین تهیه و نصب این لامپ ها آسان تر و هزینه تامین آنها نیز بسیار کمتر از لامپ های دیگر بود، بنابراین، به منظور افزایش کارایی، در برنامه های آینده بهنژادی سریع با استفاده از روش انتخاب تک بذر از این لامپ ها استفاده خواهد شد.

به طور کلی رسیدن به لاین های خالص در این پژوهش شامل سه مرحله بود. مرحله اول شامل انجام دورگ گیری و برداشت بذر F1. مرحله دوم شامل کاشت بذر نسل F1 و تولید بذر جمعیت های نسل F2 در مزرعه که در مجموع در دو سال زراعی انجام شد. مرحله سوم که شامل اداره نسل های در حال تفکیک و تولید لاین های خالص در نسل F6 بود، در یک سال زراعی در گلخانه با دوره نوری ۲۲ ساعت روشنایی (۱۶۰۰۰ لوکس) با دمای ۲۵-۲۳ درجه سانتیگراد و دو ساعت تاریکی با دمای ۱۸-۱۷

درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی ۷۰ درصد انجام شد (جدول ۵).

همانطور که در جدول ۵ به صورت شماتیک نشان داده شده است، اگر مراحل بهنژادی برای تولید لاین خالص با روش های بهنژادی متداول پیش می رفت شش سال زمان لازم بود. به عبارت دیگر سه سال در تولید لاین های خالص گندم با روش انتخاب تک بذر صرفه جویی شد. البته امکان تولید تعداد ۸ نسل در یکسال برای گندم بهاره، ۹ نسل برای جو بهاره، و ۷ نسل برای کلزای بهاره نیز گزارش شده است (Ghosh et al., 2018; Zheng et al., 2013). در بسیاری از این پژوهش ها از مواد مغذی و هورمون های گیاهی برای القا و تسریع گلدهی، تشکیل بذر و جوانه زنی بذر نارس در شرایط درون شیشه ای استفاده شده است (Bermejo et al., 2016).

گیاهان پاسخ های متنوعی به تنظیم کننده های رشد در محیط های کنترل شده که امکان تنظیم و کنترل دما و طول دوره روشنایی وجود دارد، نشان داده اند. به عنوان مثال استفاده از ترکیب هورمون های اکسین و سیوکینین باعث افزایش گلدهی و تشکیل بذر در باقلا و عدس شده است (Mobini et al., 2015; Mobini and Warkentin, 2016). نتایج مطالعات صورت گرفته حاکی از این است که استفاده از کشت و نجات جنین بذور نارس در گندم نیز با موفقیت همراه بوده است (Yao et al., 2016).

جدول ۵- شماتیک بازه زمانی برای تولید لاین خالص گندم در روش های بهنژادی متداول و استفاده از روش انتخاب تک بذر

Table 5 Schematic of wheat pure line production time interval in conventional breeding methods and single seed descent method

Breeding method	روش بهنژادی	بازه زمانی Time interval					
	تولید لاین خالص گندم به روش بهنژادی متداول	Year1	Year2	Year3	Year4	Year5	Year6
Production of wheat pure lines using the classical breeding method in the field	$P1 \times P2$	$\rightarrow F1$	$\rightarrow F2$	$\rightarrow F3$	$\rightarrow F4$	$\rightarrow F5$	$\rightarrow F6$
	تولید لاین خالص گندم به روش بهنژادی سریع	Year1	Year2	Year3			
Production of wheat pure lines using single seed method	$P1 \times P2$	$\rightarrow F1$	$\rightarrow F2$	$\rightarrow F6$			

خشک کردن بذره‌های نارس گندم و جو در دمای ۲۸ تا ۳۵ درجه سانتیگراد به مدت دو تا پنج روز و سپس اعمال سرمای چهار تا پنج درجه به مدت سه روز باعث افزایش ۸۰ و ۱۰۰ درصدی سرعت جوانه زنی به ترتیب در بذره‌های برداشت شده پس از دو و چهار هفته بعد از گلدهی شد (Watson et al., 2018). استفاده از این رویکرد، بذره‌های نارس، در ترکیب با طول دوره روشنایی ۲۲ ساعت و دو ساعت تاریکی و دمای ۲۲ درجه سانتی گراد در روز و ۱۷ درجه سانتی گراد در شب، زمان هر نسل را در گندم، جو و کلزا به ترتیب به ۶۵، ۶۸ و ۹۸ روز کاهش و تعداد ۴ تا ۶ نسل در سال را امکان‌پذیر کرد (Watson et al., 2018)

در پژوهش حاضر، علاوه بر کاهش زمان تولید هر نسل، در مصرف آب آبیاری برای اداره نسل‌های در حال تفکیک در مزرعه در چهار سال در روش به‌نژادی متداول، هزینه نیروی انسانی برای کاشت و تولید نسلها در مزرعه نیز مقدار قابل توجهی صرفه جویی شد. در عین حال بدلیل عدم حذف گیاهان در این روش، حداکثر تنوع ژنتیکی ایجاد شده به نسلهای بعدی منتقل شد. البته با تجهیز بیشتر فضای گلخانه ای، انتقال مراحل انجام دورگ گیری ها و تولید بذر نسل F1 به گلخانه و همچنین استفاده از کشت و نجات جنین بذور نارس، به کاهش زمان لازم برای رسیدن به لاین خالص دو سال دیگر اضافه خواهد شد (Yao et al., 2016). به دلایل فوق الذکر و موفق بودن روش انتخاب تک بذر به نسبت روش های

به‌نژادی، از چند سال قبل برنامه به‌نژادی گندم دوروم آبی کشور در بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر صرفاً با استفاده از به‌نژادی سریع و روش انتخاب تک بذر در شرایط کنترل شده انجام می شود. انتظار می رود در چند سال آینده اولین رقم یا رقم های تجاری حاصل از این لاین های خالص برای جامعه گندمکاران کشور آزادسازی و معرفی شود.

سپاسگزاری

گلخانه مورد نیاز برای این تحقیق با حمایت دفتر مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) در ایران و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در بخش تحقیقات غلات تجهیز و فعالیت های به‌نژادی سریع در گندم با استفاده از روش انتخاب تک بذر عملاً شروع شد. مقاله حاضر از نتایج پروژه تحقیقاتی شماره ۰۲-۰۳-۰۳-۰۴۵-۰۲۰۶۱۹ استخراج شده است. بنابراین نویسندگان بدین وسیله از حمایت های جناب آقای دکتر محمد رضا جلال کمالی، رئیس محترم وقت دفتر CIMMYT در ایران و جناب آقای دکتر گودرز نجفیان رئیس محترم وقت موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر سپاسگزاری می کنند.

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می دارند که با یکدیگر و با سایر افراد حقیقی / حقوقی تعارض منافع ندارند.

References

- Anonymous, 2017.** IGC forecast lower grain production in 2017-18. International grain council, 2017. <https://www.world-grain.com/articles/7634-igc-forecasts-lower-wheat-production-in-2017-18>
- Anonymous. 2023.** Agricultural statistics, volume 1. Ministry of Jahad-e-Agriculture, Tehran, Iran, 126pp. (in Persian).
- Bermejo, C., Gatti, I. and Cointy, E. 2016.** In vitro embryo culture to shorten the breeding cycle in lentil (*Lens culinaris* Medik). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 127(3), pp.585–590. DOI: 10.1007/s11240-016-1065-7
- Brim, C. A., 1966.** A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Science*, 6, pp.220. DOI: 10.2135/cropsci1966.0011183X000600020041x
- Davis, P.A. Burns C. 2016.** Photobiology in protected horticulture. *Food and Energy Security*, 5, pp.223-238. DOI:10.1002/fes3.97
- Dubcovsky, J., Loukoianov, A., Fu, D., Valarik, M., Sanchez, A. and Yan, L. 2006.** Effect of photoperiod on the regulation of wheat vernalization genes VRN1 and VRN2. *Plant Molecular Biology*, 60, pp.469-480. DOI: 10.1007/s11103-005-4814-2
- Ghosh, S., Watson, A., Gonzalez-Navarro, O. E., Ramirez-Gonzalez, R. H., Yanes, L., Mendoza-Suárez, M., Simmonds, J., Wells, R., Rayner, T., Green, P., Hafeez, A., Hayta, S., Melton, R., Steed, A., Sarkar, A., Carter, J., Perkins, L., Lord, J., Tester, M., Osbourn, A., Moscou, M., Nicholson, P., Harwood, W., Martin, C., Domoney, C., Uauy, C., Hazard, B., Wulff, B. and Hickey, L.T. 2018.** Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. *Nature protocols*, 13(12), pp.2944-2963. DOI: 10.1101/369512
- Hickey, L.T., Hafeez, A.N., Robinson, H., Jackson, S.A., Leal- Bertoli S.C.M., Tester, M., Gao, C., Godwin, I.D., Hayes, B.J. and Wulff, B.B.H. 2019.** Breeding crops to feed 10 billion. *Nature Biotechnology*, 37, pp.744–754. DOI: 10.1038/s41587-019-0152-9
- Imam, Z., Sultana, R., Parveen, R., Swapnil, Singh, D., Sinha, S. and Sahoo, J.P. 2024.** Understanding the concept of speed breeding in crop improvement: Opportunities and challenges towards global food security. *Tropical Plant Biology*, 17(1), pp.1-23. DOI: 10.1007/s12042-024-09353-5
- Jafarzadeh, J., Feiziasl, V., Tabrizvand Taheri, M. and Golkari S. 2021.** Setting up speed breeding unit for accelerating cultivar development to climate change adaptation in

- arid and semi-arid regions of Iran. at: <https://www.researchgate.net/publication/352132344>
- Jensen, N.F. 1988.** Plant breeding methodology. Wiley-Interscience. 676 pp.
- Jin-Kyung, C., Hyeonjin, P., Changhyun, C., Youngho, K., So-Myeong, L., Ki-Won, O., Jong-Min, K., Soon-Wook, K. and Jong-Hee, L. 2023.** Acceleration of wheat breeding: enhancing efficiency and practical application of the speed breeding system. *Plant Methods*, 19(18), pp.1-9. DOI: 10.1186/s13007-023-01083-1
- Mobini, S.H., Lulsdorf, M., Warkentin, T.D. and Vandenberg, A. 2015.** Plant growth regulators improve in vitro flowering and rapid generation advancement in lentil and faba bean. *Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 51(1), pp.71–79. DOI: 10.1007/S11627-014-9647-8
- Mobini, S.H. and Warkentin, T.D. 2016.** A simple and efficient method of in vivo rapid generation technology in pea (*Pisum sativum* L.). *Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, 52(5), pp.530–536. DOI: 10.1007/s11627-016-9772-7
- Mohammadi, V., Soltani Komareolya, F. and Najafi Mirak, T. 2024.** The impact of drought stress and light quality on wheat speed breeding. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(4), pp.167-177, (in Persian). DOI: 10.22059/ijfcs.2024.377966.655085
- Najafi Mirak, T., Shahbaz Poushahbazi, A., Mohammadi, A., Afshari, F., Bahari, M., Akbari Moghaddam, H., Rostami, H., Ayeneh, Gh.A.A., Moayedi, A.A., Dastfal, M., Farzadi, H. and Ahmadi, Gh. 2015.** Shabrang, A new durum wheat cultivar suitable for growing in warm and dry agro-climatic conditions of Iran. *Research Achievement for Field and Horticultural Crops*, 3(2), pp. 89-100. DOI: 10.22092/rafc.2016.109494
- Najafi Mirak, T. 2024.** Development of new germplasm of durum and bread wheat lines via speed breeding method. Project final report No: 66583, Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, Iran. 20 pp. (in Persian).
- Takemiya, A., Inoue, S.I., Doi, M., Kinoshita, T. and Shimazaki, K.I. 2005.** Phototropins promote plant growth in response to blue light in low light environments. *The Plant Cell*, 17(4), pp.1120-1127. DOI: 10.1105/tpc.104.030049
- Tean S. and Qualset, C.O. 1975.** Bulk populations in wheat breeding: comparison of single seed descent and random bulk methods. *Euphytica*, 24, pp.393-405. DOI: 10.1007/BF00028206
- Wanga, M.A., Shimelis, H., Mashilo, J. and Laing, M.D. 2021.** Opportunities and

challenges of speed breeding: A review. *Plant Breeding*, 140(2), pp.185-194. DOI: 10.1111/pbr.12909

- Watson, A., Ghosh, S., Williams, M.J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M.D., Md Hatta, M.A., Hinchliffe, A., Steed, A., Reynolds, D., Adamski, N.M., Breakspear, A., Korolev, A., Rayner, T., Dixon, L.E., Riaz, A., Martin, W., Ryan, M., Edwards, D., Batley, J., Raman, H., Carter, J., Rogers, C., Domoney, C., Moore, G., Harwood, W., Nicholson, P., Dieters, M. J., Lacy, I.H., Zhou, J., Uauy, C., Boden, S.A., Park, R.F., Wulff, B.H. and Hickey L.T. 2018.** Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*, 4, pp.23-29. DOI: 10.1038/s41477-017-0083-8
- Yao, Y., Zhang, P., Liu, H., Lu, Z., and Yan, G. 2016.** A fully in vitro protocol towards large scale production of recombinant inbred lines in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 128, pp.655– 661. DOI: 10.1007/s11240-016-1145-8
- Zheng Z., Wang H.B., Chen G.D., Yan G.J. and Liu C.J. 2013.** A procedure allowing up to eight generations of wheat and nine generations of barley per annum. *Euphytica*, 191(2), pp.311–316. DOI: 10.1007/s10681-013-0909-z

RESEARCH ARTICLE

Development of Irrigated Durum and Bread Wheat Pure Lines in Iran using Speed Breeding: Single Seed Descent Method

T. Najafi Mirak^{1*} and A. Kabiri²

1. Professor of Cereal research Dept. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

2. Expert of Cereal research Dept. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Najafi Mirak, T. and Kabiri, A. 2024. Development of irrigated durum and bread wheat pure lines in Iran using speed breeding: single seed descent method. *Seed and Plant*, 40, pp. (in Persian).

This research was carried out to introduce single seed descent as an applied wheat breeding for accelerating the development of pure lines. Twenty five crosses between durum wheat cultivars and landraces and four crosses between bread wheat cultivars were performed and F₁ and F₂ generations were produced under field conditions in 2021-2022 and 2022-2023 cropping cycles. Ninety populations of durum wheat and four population of bread wheat, in total 23 populations, were used for producing seed of F₂ segregating populations, which led to pure lines using the single seed descent (SSD) method in controlled conditions in greenhouse. Each generation cycle was approximately 70–80 days. To maintain and transfer genetic variation between and within generations, a single seed was harvested from each spike in the F₂, F₃, and F₄ generations and replanted to produce the subsequent generation. In the F₅ generation, all seeds from each spike were harvested separately, and stored in individual envelopes and considered as F₆ pure lines. At the conclusion of the three-year study, a total of 1,456 F₆ pure lines were developed from the 23 successful wheat crossing programs.

Keywords: Wheat, hybridization, segregating generations, desirable traits, seed number.

Introduction

Recently, speed breeding has emerged as a novel strategy to shorten the time required to achieve pure lines and develop new crop varieties. In this method, plants are grown in controlled growth chambers or greenhouses under optimized light intensity, quality, photoperiod, and temperature, accelerating physiological processes such as photosynthesis and flowering, thereby reducing the seed-to-seed cycle. Researchers have introduced speed breeding as a powerful method to accelerate cultivar development in crop plant breeding programs (Watson *et al.*, 2018; Hickey *et al.* 2019; Jin-Kyung *et al.*, 2023). Among speed breeding techniques, the *single seed descent (SSD)* method has proven highly effective. In SSD method, a single seed is harvested from each self-pollinated plant per generation. This approach not only reduces generational turnover time but also minimizes inter-plant competition and natural selection pressures, thereby preserving maximal genetic diversity until homozygous purity is achieved (Watson *et al.*, 2018). The present research was designed and implemented in greenhouse conditions with the aim of reducing the time required to develop and release of durum and bread wheat cultivars resulting from different crosses using the single seed descent breeding method.

Materials and Methods

In this research, 25 crosses were made between durum wheat and four crosses between bread wheat cultivars. The F₁ and F₂ generations were produced under field conditions in 2021-2022 and 2022-2023 crop seasons, respectively. From the F₂ populations, 19 durum wheat and four bread wheat populations, totally 23 segregating populations, were kept, which led to pure lines using the single seed descent (SSD) method in controlled conditions in greenhouse. Greenhouse conditions were maintained with 22 hours of light (16,000 lux) and two hours of dark periods per day. The temperature ranged from 22–25°C during the light period and 17–18°C during the dark period. Relative humidity was maintained 60–70% in all growth stages.

Results and Discussion

In this research, 1456 pure lines were successfully developed from 23 crosses of durum and bread wheat using single seed descent (SSD) in Karaj, Iran. The process involved: 1) Crossing and F₁ seed production (Year 1), 2) Field cultivation of F₁ to generate 19 segregating F₂ populations (Years 2), 3) Handling the F₃, F₄, and F₅ generations in the greenhouse under optimized conditions (22-hour light/2-hour dark, 23–25°C day/17–18°C night, 70% RH) to produce pure lines (Year 3). While these steps need six years in the conventional wheat breeding methods. In other words, three years were saved to produce pure lines in SSD method. No plants were removed in this method, therefore, the maximum genetic was maintained and transferred to subsequent generations. In addition, significant savings were made in irrigation water consumption, which is commonly used for managing the segregating generations in the field as well

as in human resources costs in conventional wheat breeding.

Different light sources including SMD lamps with purple and yellow light with intensity of 10-13 thousand lux, LED strip lights with white, blue and purple light with intensity of 6-4 thousand lux, and conventional LED lamps with intensity of 13-16 thousand lux had no significant effect on the grain physiological maturity. However, our observation showed that the white light with an intensity of 16,000 lux led to larger wheat spikes, higher thousand-grain weight, and more grains. Also, these lamps were easier to obtain and install, and their costs was much lower than other lamps.

The pure lines produced in this research will be advanced the national wheat breeding programs for target environments in southern warm and dry and temperate agro-climatic zones. It is expected that commercial cultivars will released within the next few years.

References

- Hickey, L.T., Hafeez, A.N., Robinson, H, Jackson, S.A., Leal- Bertoli S.C.M., Tester, M., Gao, C., Godwin, I.D., Hayes, B.J. and Wulff, B.B.H. 2019. Breeding crops to feed 10 billion. *Nature Biotechnology*, 37, pp.744–754. DOI: 038/s41587-019-0152-9
- Jin-Kyung, C., Hyeonjin, P., Changhyun, C., Youngho, K., So-Myeong, L., Ki-Won, O., Jong-Min, K., Soon-Wook, K. and Jong-Hee, L. 2023. Acceleration of wheat breeding: enhancing efficiency and practical application of the speed breeding system. *Plant Methods*, 19(18), pp.1-9. DOI: 10.1186/s13007-023-01083-1
- Watson, A., Ghosh, S., Williams, M.J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M.D., Md Hatta, M.A., Hinchliffe, A., Steed, A., Reynolds, D., Adamski, N.M., Breakspear, A., Korolev, A., Rayner, T., Dixon, L.E., Riaz, A., Martin, W., Ryan, M., Edwards, D., Batley, J., Raman, H., Carter, J., Rogers, C., Domoney, C., Moore, G., Harwood, W., Nicholson, P., Dieters, M. J., Lacy, I.H., Zhou, J., Uauy, C., Boden, S.A., Park, R.F., Wulff, B.H. and Hickey L.T. 2018. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*, 4, pp.23-29. DOI: 10.1038/s41477-017-0083-8
- Yao, Y., Zhang, P., Liu, H., Lu, Z., and Yan, G. 2016. A fully in vitro protocol towards large scale production of recombinant inbred lines in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 128, pp.655– 661. DOI: 10.1007/s11240-016-1145-8

*Corresponding author: tnmirak@yahoo.com

Tel.: +982636701106

Received: 14 September 2024

Accepted: 05 November 2024



2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.