"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و ششم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.23223243.2021.19.1.29.0

تجزیه تنوع ژنتیکی جوانه‌زنی پیش از برداشت و ارتباط آن با خواب بذر و شاخص‌های رشدی گیاهچه در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.)

Analysis of genetic variation for pre-harvest sprouting and its relationship with seed dormancy and seedling growth indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes

کوثر حق‌پناه[۱]، محمدهادی پهلوانی[۲]، خلیل زینلی‌نژاد[۳]، فرشید قادری‌فر[۴]، رضا توکل افشاری[۵] و محمدمهدی عرب[۶]

چکیده

حق‌پناه، ک.، م.ه.، پهلوانی، خ. زینلی‌نژاد، ف. قادری‌فر، ر. توکل افشاری و م.م. عرب. ۱۴۰۳. تجزیه تنوع ژنتیکی جوانه‌زنی پیش از برداشت و ارتباط آن با خواب بذر و شاخص‌های رشدی گیاهچه در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.). **نشریه علوم زراعی ایران. ۲۶ (۳): ۴۲۶ -۴۰۶.**

جوانه‌زنی پیش از برداشت پدیده‌ای است که طی آن بذرها پیش از برداشت محصول، مستقیما روی سنبله گیاه مادری شروع به جوانه‌زنی می‌کنند. این پدیده معمولا در اثر بارندگی در مراحل انتهایی رشد و پیش از برداشت، به‌ویژه در گندم نان رخ می‌دهد و باعث کاهش عملکرد و ویژگی‌های کیفیت نانوایی دانه می‌شود. از این‌رو، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت نقش مهمی در ارتقای امنیت غذایی و پایداری تولید گندم نان ایفا می‌کند. این تحقیق با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی جوانه‌زنی پیش از برداشت و رابطه آن با ویژگی‌های مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در ۱۸۹ ژنوتیپ گندم در دو سال (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا شد. آزمایش در مزرعه به‌صورت طرح آگمنت و در آزمایشگاه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل جوانه‌زنی پیش از برداشت، درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تازه و پس‌رس شده، خواب بذر، طول و وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر بودند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۶۰۳، ۶۰۵، ۳۴۹، ۳۲۰ و ۶۳۶ (عمدتا با منشاء عراق) به‌ترتیب مقاوم‌ترین و ژنوتیپ‌های ۳۵۰، ۱۵۰، ۲۵۸، ۳۳۹ و ۵۴۲ به‌ترتیب حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها نسبت به جوانه‌زنی پیش از برداشت بودند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ۵۹ درصد از تغییرات کل را تبیین کرده و صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تازه و درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای پس‌رس شده و طول گیاهچه، بیشترین سهم را داشتند. بین خواب بذر با جوانه‌زنی پیش از برداشت همبستگی منفی و بین بنیه بذر با جوانه‌زنی پیش از برداشت همبستگی مثبت وجود داشت. ارتباط بین ویژگی‌های مرتبط با جوانه‌زنی پیش از برداشت با سایر شاخص‌های مربوط به بذر و گیاهچه، گزینش ژنوتیپ‌های مناسب و توسعه ارقام مقاوم به این پدیده را امکان‌پذیر می‌سازد. این رویکرد می‌تواند باعث افزایش کارایی برنامه‌های به‌نژادی و بهبود ویژگی‌های مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت در گندم نان شود.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، تجزیه به مولفه‌های اصلی، جوانه زنی پیش از برداشت، گندم نان و وزن خشک گیاهچه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۱/۳۱ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکتری دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استاد دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (مکاتبه کننده، ✉ Hpahlavani@yahoo.com)
۳- استادیار دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- استاد دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۵- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۶- پژوهشگر پسادکتری دانشکده فناوری کشاورزی ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

Analysis of genetic variation for pre-harvest sprouting and its relationship with seed dormancy and seedling growth indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes

Haghpanah, K.[1], Pahlevani, M.H.[2], Zaynali Nezhad, Kh.[3], Ghaderi Far, F.[4], Tavakol Afshari, R.[5] and Arab, M.M.[6]

ABSTRACT

Haghpanah, K., Pahlevani, M.H., Zaynali Nezhad, Kh., Ghaderi Far, F., Tavakol Afshari, R. and Arab, M.M. Analysis of genetic variation for pre-harvest sprouting and its relationship with seed dormancy and seedling growth indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes**. Iranian Journal of Crop Sciences. 26(1): 406-426. (In Persian).**

Introduction: Pre-harvest sprouting (PHS) refers to the germination of ripening seeds on the spike, before harvest. This disorder primarily occurs in cereals particularly in wheat and caused by rainfall before harvest particularly in spring wheat growing areas. The occurrence of PHS significantly reduces grain yield and baking quality properties of bread wheat (Brown *et al.,* 2018). Research efforts for management and reduction crop losses due to occurrence of PHS are essential to ensure global food supply and security as well as the sustainability of bread wheat production systems.

Materials and Methods: This experiment aimed to investigate the genetic variation for PHS and its relationship with seed dormancy and seedling growth-related indices in 189 wheat genotypes under both field and laboratory conditions. The experiments were conducted in Gorgan University, Iran over two cropping seasons (2021-22 and 2022-23) using an augmented design for field trial and complete block design for laboratory tests. The wheat genotypes were grown under controlled conditions, and indices such as PHS, germination rate, germination rate, and seed vigor were assessed. The measured traits included; fresh and after ripened seed germination, seed dormancy, seedling length and dry weight, and seed vigor.

Results: Analysis of variance indicated significant differences among wheat genotypes for the studied traits. Genotypes 603, 605, 349, 320, and 636 (mainly with Iraq origin) were identified as PHS-resistant, respectively. In contrast, genotypes 350, 150, 258, 339, and 542 were classified as PHS-susceptible, respectively. Principal component analysis revealed that the first two components accounted for 59% of the total variation. Key contributing traits included; freshly harvested seed germination percentage and rate, after-ripened seed germination percentage and rate, and seedling length. Significant positive and negative correlation cofficients were observed among traits. PHS showed positive correlation with FGP, FGR, and seed vigor, while it was negatively correlated with seed dormancy and germination percentage and rate of freshly harvested seeds.

Conclusion: Genetic variation in bread wheat germplasm plays a crucial role in improving resistance to PHS. Understanding the relationships between PHS and other seed related traits enables breeders and agronomists to select genotypes with resistance to PHS and desirable agronomic performance. This approach can contribute to increasing grain yield potential and improving grain quality in bread wheat breeding programs.

Key words: Bread wheat, Germination rate, Principal component analysis and Seedling dry weight

Received: December, 2024 **Accepted**: **April, 2025**

1. PhD. Student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(Corresponding author, ✉ Hpahlavani@yahoo.com)
3. Assistant Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4. Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
5. Professor, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
6. Postdoctoral Researcher, Aburayhan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است که ۲۰ درصد از کل کالری و پروتئین مورد نیاز انسان و غذای حدود ۴۰ درصد از جمعیت جهان را تامین می‌کند. افزایش پایدار عملکرد گندم در واحد سطح و افزایش کل تولید آن برای مقابله با تقاضای فزاینده برای غذا ضروری است (Brenchley *et al.*, 2012; Cao *et al.*, 2020).

خواب بذر در مراحل بلوغ آن ایجاد می‌شود و عمدتا تحت تاثیر تعادل هورمون‌های اسید آبسیزیک و جیبرلین‌ها قرار دارد. این تعادل هورمونی، رفتار بذر را در حین اتصال به گیاه مادری و پس از جدا شدن از آن تعیین می‌کند (Nelson *et al.*, 2023). خواب بذر تنها زمانی شکسته می‌شود که تعادل هورمونی به نفع جیبرلین‌ها تغییر یابد و در بدنبال آن جوانه‌زنی تحریک می‌شود (Waadt *et al.*, 2022). جوانه‌زنی یک مرحله حیاتی در زندگی گیاه است و پس از آن استقرار گیاهچه و استفاده از آب و مواد غذایی آغاز می‌شود (Shah *et al.*, 2019). بنیه بذر یک ویژگی پیچیده است که شامل قابلیت حیات، جوانه‌زنی و استقرار سریع گیاهچه در دامنه‌ای از شرایط محیطی می‌باشد. بنیه بذر برای دستیابی به تراکم مطلوب بوته و عملکرد بالا ضروری است (Maulana *et al.*, 2021).

جوانه‌زنی پیش از برداشت (Pre-Harvest Sprouting; PHS) در گندم یک چالش اقلیمی است که به جوانه‌زدن بذر روی سنبله گیاه مادر در اثر بارندگی‌های قبل از برداشت اطلاق می‌شود. میزان خسارت جهانی پدیده جوانه‌زنی پیش از برداشت حداقل یک میلیارد دلار در سال برآورد شده است (Brown *et al.*, 2018). در اثر جوانه‌زنی پیش از برداشت، هیدرولیز مواد ذخیره‌ای آندوسپرم باعث کاهش وزن هزار دانه، کاهش وزن حجمی و کاهش عملکرد دانه گندم می‌شود. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در دانه‌های جوانه‌زده با تجزیه نشاسته، علاوه بر افت کیفیت دانه باعث افت کیفیت گیاهچه نیز می‌شود (Lang *et al*,. 2021). جوانه‌زنی پیش از برداشت در گندم تحت تأثیر عوامل داخلی مانند سطح خواب بذر، رنگ پوشش بذر، ویژگی‌های سنبله و پوشینه‌ها، مرحله رشد بذر و عوامل خارجی مانند آب و هوا قرار دارد (Mares and Mrva, 2014). با توجه به پیامدهای منفی اقتصادی جوانه‌زنی پیش از برداشت، شناسایی سازوکارهای کنترل آن و توسعه ارقام مقاوم از اهمیت بالایی برخوردار است.

نتایج یک تحقیق نشان داد که جوانه‌زنی پیش از برداشت تحت تأثیر مهارکننده‌های جوانه‌زنی محلول در آب که در پوشش بذر قرار دارند و ساختار مورفولوژیکی سنبله، مانند قائم بودن سنبله و باز بودن گل‌ها، قرار دارد و برخی از ویژگی‌های ساده مورفولوژیکی می‌توانند اثر محافظتی ایجاد کرده و می‌توان از آنها برای محدود کردن جوانه‌زنی پیش از برداشت در غلات استفاده کرد (Singh *et al.*, 2021). گزارش شده است که فرایند پس‌رسی باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بذرها و کاهش خواب بذر و افزایش جوانه‌زنی آنها می‌شود. این فرایند در شرایط ذخیره‌سازی با رطوبت پایین رخ داده و باعث تغییرات مولکولی و فعال‌سازی ژن‌های مرتبط با جوانه‌زنی و شکستن خواب بذر می‌شوند. این سازوکار می‌تواند برای بهبود شرایط ذخیره‌سازی بذرها، افزایش نرخ جوانه‌زنی و بهینه‌سازی عملکرد گیاهان کشاورزی مفید باشد (Chandra *et al.*, 2024). ارزیابی جوانه‌زنی پیش از برداشت و صفات مرتبط با آن در ۳۴ رقم بومی و اصلاح شده برنج نشان داد که ارقام برنج از نظر جوانه‌زنی پیش از برداشت و سایر صفات دانه اختلاف معنی‌داری داشتند و همبستگی مثبت و بالایی بین درصد جوانه‌زنی پیش از برداشت و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذر وجود داشت. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای ارقام برنج در سه گروه تقسیم‌بندی شدند که گروه اول و دوم مقاوم‌ترین ارقام و گروه سوم حساس‌ترین ارقام به جوانه‌زنی پیش از برداشت بودند. گزارش شد که برخی ارقام از بومی پتانسیل استفاده در برنامه‌های به‌نژادی برای مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت را دارا هستند

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

(Nikzadeh Talebi *et al.*, 2016). نتایج آزمایش قلی‌زاده و همکاران (Gholizadeh *et al.*, 2021) روی گیاه گندم نشان داد که درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌طور قابل‌توجهی با وزن‌تر و وزن خشک گیاهچه‌ها همبستگی داشت. نتایج یک آزمایش دیگر در گندم نشان داد که رنگ دانه همبستگی مثبت با مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت داشت. ارقام با دانه‌های قرمز مقاومت بیشتری به جوانه‌زنی پیش از برداشت داشتند. این موضوع اهمیت استفاده از ویژگی‌های مرتبط مانند رنگ دانه را در برنامه‌های به‌نژادی گندم برای بهبود مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت نشان می‌دهد (Yan *et al*,. 2023). بر اساس نتایج یک آزمایش با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، سرعت جوانه‌زنی و وزن تر گیاهچه‌های گندم ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند، با این حال وزن خشک گیاهچه بیش‌تر به طول ساقه و طول ریشه وابسته است (Gholizadeh *et al.*, 2021).

هدف از این آزمایش ارزیابی ارتباط بین جوانه‌زنی پیش از برداشت با خواب بذر و عوامل فیزیولوژیکی مؤثر بر فرایند جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های گندم برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت بوده است.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۱۸۹ ژنوتیپ متنوع از لاین‌های خالص و برخی از توده‌های محلی گندم نان بهاره که در بانک ژن جهان‌نما دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان نگهداری شده بودند، استفاده شد. بذر هر کدام از ژنوتیپ‌های گندم طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در سه ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر در مزرعه آموزشی- پژوهشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و ۱۲ متر ارتفاع از سطح دریا کاشته شدند. آزمایش به‌صورت طرح آگمنت در هشت بلوک ناقص همراه با یک رقم گندم رایج منطقه (گنبد، به‌عنوان شاهد) اجرا شد. اطلاعات آب و هوایی محل اجرای آزمایش طی دو سال آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آماده‌سازی خاک مزرعه در اواخر پاییز انجام شد. در سال اول بذر کلیه ژنوتیپ‌های گندم به‌منظور ارزیابی تنوع جمعیت از لحاظ صفات مورد نظر، در اواخر آذر و اوایل دی کاشته شدند. در سال دوم آزمایش پس از حصول نتایج مورد نیاز و داده‌های معنی‌دار، کشت اصلی انجام شد. در طول اجرای آزمایش مراقبت‌های زراعی لازم در مزرعه انجام شد. بذرهای ژنوتیپ‌های گندم مورد استفاده از موسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی (Traitgenetics) آلمان، موسسه ایکاردا و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر دریافت شده و سپس در بانک ژن جهان‌نما دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان برای تکثیر و برطرف نمودن اثر پایه مادری ژنوتیپ‌ها تجدید کشت و ذخیره شدند. ژنوتیپ‌های گندم از کشورهای مختلف شامل ایران، افغانستان، پاکستان، هند، عراق، سوریه، ترکیه، آذربایجان، تاجیکستان همراه با تعدادی از ژنوتیپ‌ها بین‌المللی با تاکید بر دارا بودن سطوح متفاوت و متمایز جوانه‌زنی پیش از برداشت جمع‌آوری شدند (جدول۲).

برای اجرای آزمایش جوانه‌زنی پیش از برداشت، شش سنبله از کلیه ژنوتیپ‌های گندم در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی (مرحله ۹۱ مقیاس زادوکس) (Zadoks *et al.*, 1974) برداشت شدند. این سنبله‌ها در اواخر خرداد جمع‌آوری و آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه اصلاح نباتات گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی انجام شد. شرایط جوانه‌زنی مزرعه در آزمایشگاه شبیه‌سازی شد. برای این کار، سنبله‌ها در تشت‌هایی حاوی آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت در دمای اتاق غوطه‌ور شده و سپس در حوله‌های مرطوب بسته‌بندی و در کیسه‌های پلاستیکی به مدت یک هفته در دمای ۱۸-۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰۰ درصد قرار

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

داده شدند تا شرایط اشباع برای بذرها فراهم شود (Lin *et al.*, 2016). در طول این مدت، رطوبت حوله‌ها کنترل شد. پس از یک هفته، سنبله‌ها خارج شده و بر اساس مقیاس نمره‌گذاری جوانه‌زنی، تعداد بذرهای جوانه‌زده و جوانه‌نزده روی سنبله‌ها شمارش شدند (Clark *et al.*, 1994). برای آزمون جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت شده (Fresh)، تعداد ۲۵ عدد از بذرهای ژنوتیپ‌های گندم بلافاصله پس از برداشت (مرحله ۹۱-۹۲ مقیاس زادوکس) در چهار تکرار درون ظروف پتری در انکوباتور با دمای ۱±۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده از ۱۲ ساعت پس از شروع آزمایش آغاز شده و به‌صورت دو مرتبه در روز با فاصله زمانی تقریبی ۱۲ ساعت، انجام شد.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش

Table 1. Meteorological information of the experiment site

			دمای هوا Air temperature (°C)			رطوبت نسبی Relative Humidity (%)			
سال Year	Month	ماه	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Mean	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Mean	بارندگی Rainfall (mm)
	Dec.	آذر	4.1	12.9	8.5	58.6	95.9	77.2	35.2
	Jan.	دی	2.2	14.0	8.1	48.4	94.2	71.3	28.3
	Feb.	بهمن	3.7	16.3	10.0	45.1	93.9	69.5	36.1
۱۴۰۰-۱۳۹۹	Mar.	اسفند	3.0	14.4	8.7	45.1	94.8	69.9	78.7
2020-2021	Apr.	فروردین	9.7	23.3	16.5	39.0	92.4	65.7	17.5
	May	اردیبهشت	15.0	27.9	21.4	45.6	94.3	69.9	22.8
	Jun.	خرداد	20.1	33.7	26.9	37.6	87.7	62.6	7.4
	Jul.	تیر	24.4	36.8	30.6	36.7	78.9	57.8	4.0
	Dec.	آذر	6.3	20.0	13.1	44.8	91.3	68.0	20.0
	Jan.	دی	3.2	16.2	9.7	43.8	91.0	67.4	13.5
	Feb.	بهمن	2.2	15.6	8.9	43.8	92.2	68.0	141.0
۱۴۰۱-۱۴۰۰	Mar.	اسفند	6.8	17.3	12.0	54.6	95.4	75.0	67.9
2021-2022	Apr.	فروردین	8.6	21.2	14.9	47.4	93.3	70.3	22.3
	May	اردیبهشت	13.7	24.5	19.1	48.6	94.7	71.7	47.5
	Jun.	خرداد	18.2	33.4	25.8	29.2	81.2	55.2	2.2
	Jul.	تیر	22.5	35.2	28.8	39.1	85.5	62.3	0.0

آزمون جوانه‌زنی استاندارد روی کاغذ صافی TP (Top of paper; TP) انجام شد و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر یا بیش‌تر در نظر گرفته شد. آزمون جوانه‌زنی بر روی بذرهای شش ماه پس‌رس شده (After Ripening) نیز در دمای اتاق انجام شد. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از نرم افزار Jermin (Soltani *et al.*, 2002) و با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2015):

$$GR=\frac{1}{T50}$$ (رابطه ۱)

GR سرعت جوانه‌زنی و T50 مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد جمعیت بذری اولیه برسد، هستند.

محاسبه درصد جوانه‌زنی (GP) (ارزش جوانه‌زنی) با استفاده از رابطه ۲ که به‌صورت تعداد بذور جوانه زده در ساعت ۳۶ام پس از شروع جوانه‌زنی تقسیم بر تعداد کل بذرها (۲۵ عدد) می‌باشد، انجام شد (Yousif *et al.*, 2020). معیار انتخاب ساعت ۳۶ام این بود که با وجود اینکه بذر اکثر ژنوتیپ‌ها در این ساعت حداکثر جوانه‌زنی را داشتند، اما بین ژنوتیپ‌ها تنوع زیادی از لحاظ درصد جوانه‌زنی وجود داشت.

(رابطه ۲)

$$GP \frac{\text{(تعداد بذور جوانه زده)}}{\text{(تعداد کل بذور)}} \times 100$$

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

جدول ۲- اسامی و مشخصات ژنوتیپ‌های گندم نان مورد مطالعه Table 2. Name and characteristics of bread wheat genotypes used in the experiment

شماره No.	کد Code	نام ژنوتیپ در بانک ژن Genotype name in gene bank	منشاء Origin	شماره No.	کد Code	نام ژنوتیپ در بانک ژن Genotype name in gene bank	منشاء Origin	شماره No.	کد Code	نام ژنوتیپ در بانک ژن Genotype name in gene bank	منشاء Origin
1	1	ATRI 519	India	64	255	ATRI 6274	Iran	127	409	ATRI 29453	Turkey
2	3	ATRI 527	India	65	257	ATRI 8156	Iraq	128	488	Hirmand	Iran
3	5	ATRI 532	India	66	258	ATRI 8159	Iraq	129	542	ATRI 23666	unknown
4	10	ATRI 537	India	67	259	ATRI 8178	Pakistan	130	564	01C0200133	Czechoslovakia
5	15	ATRI 542	India	68	261	ATRI 8183	Pakistan	131	566	01C0204228	Germany
6	17	ATRI 572	Afghanistan	69	264	ATRI 8306	India	132	569	01C0204851	Czech Republic
7	18	ATRI 723	Turkey	70	268	ATRI 8311	India	133	571	01C0204936	Switzerland
8	21	ATRI 785	India	71	274	ATRI 8317	India	134	572	01C0204938	Czech Republic
9	22	ATRI 1494	Turkey	72	277	ATRI 8349	Iraq	135	573	ICBW 138285	Afghanistan
10	26	ATRI 1536	Turkey	73	278	ATRI 8351	Iraq	136	580	ICBW 89823	Afghanistan
11	28	ATRI 1541	Turkey	74	279	ATRI 8358	Iraq	137	602	ICBW 144472	Iraq
12	33	ATRI 1922	Turkey	75	281	ATRI 8366	Iraq	138	603	ICBW 141233	Iraq
13	40	ATRI 2162	Turkey	76	282	ATRI 8370	Iraq	139	604	ICBW 108814	Iraq
14	45	ATRI 2188	Turkey	77	283	ATRI 8414	India	140	605	ICBW 108803	Iraq
15	49	ATRI 2202	Turkey	78	288	ATRI 8419	India	141	606	ICBW 108799	Iraq
16	54	ATRI 2221	India	79	295	ATRI 9721	India	142	607	ICBW 108759	Iraq
17	57	ATRI 2430	Afghanistan	80	296	ATRI 9724	Pakistan	143	617	ICBW 41556	Pakistan
18	60	ATRI 2437	Nepal	81	303	ATRI 9767	Pakistan	144	623	ICBW 141055	Syria
19	63	ATRI 2442	Nepal	82	304	ATRI 9890	Pakistan	145	624	ICBW 140872	Syria
20	66	ATRI 2448	Nepal	83	305	ATRI 9897	India	146	625	ICBW 138789	Syria
21	67	ATRI 2449	Afghanistan	84	308	ATRI 9903	Pakistan	147	626	ICBW 110707	Syria
22	70	ATRI 2452	Nepal	85	311	ATRI 9951	Turkey	148	627	ICBW 98825	Syria
23	74	ATRI 2456	Nepal	86	313	ATRI 9957	Turkey	149	628	ICBW 98824	Syria
24	77	ATRI 2494	Afghanistan	87	314	ATRI 9961	Pakistan	150	629	ICBW 95833	Syria
25	79	ATRI 2536	Nepal	88	320	ATRI 9970	India	151	631	ICBW 42070	Syria
26	80	ATRI 2541	Nepal	89	324	ATRI 9992	Pakistan	152	632	ICBW 141350	Azerbaijan
27	81	ATRI 2547	Afghanistan	90	328	ATRI 10002	Pakistan	153	633	ICBW 140887	Azerbaijan
28	84	ATRI 2585	Afghanistan	91	333	ATRI 10293	Pakistan	154	634	ICBW 140437	Azerbaijan
29	91	ATRI 2611	Nepal	92	334	ATRI 10299	India	155	635	ICBW 140436	Azerbaijan
30	98	ATRI 2636	Afghanistan	93	337	ATRI 10429	Pakistan	156	636	ICBW 138678	Azerbaijan
31	101	ATRI 2657	Afghanistan	94	339	ATRI 10440	Pakistan	157	637	AZR 5	Azerbaijan
32	105	ATRI 2664	Afghanistan	95	343	ATRI 10995	India	158	638	AZR 4	Azerbaijan
33	110	ATRI 2678	Afghanistan	96	345	ATRI 11530	Iraq	159	639	AZR 3	Azerbaijan
34	122	ATRI 2822	Afghanistan	97	346	ATRI 11538	Iraq	160	641	AZR 1	Azerbaijan
35	127	ATRI 2846	Afghanistan	98	347	ATRI 11545	Iraq	161	654	Morvarid	Iran
36	131	ATRI 2852	Afghanistan	99	348	ATRI 15277	Iraq	162	657	Bam	Iran
37	135	ATRI 2877	Afghanistan	100	349	ATRI 15280	Iraq	163	659	Sistan	Iran
38	140	ATRI 2912	Afghanistan	101	350	ATRI 15293	Iraq	164	664	Kavir	Iran
39	150	ATRI 3166	Afghanistan	102	351	ATRI 15295	Iraq	165	666	Azar 2	Iran
40	158	ATRI 3304	India	103	352	ATRI 15919	India	166	672	Sardari	Iran
41	161	ATRI 3405	Afghanistan	104	358	ATRI 16073	Iraq	167	686	Sirvan	Iran
42	162	ATRI 3512	India	105	359	ATRI 16076	Iraq	168	691	Chamran 2	Iran
43	164	ATRI 3559	India	106	360	ATRI 16079	Iraq	169	696	Gonbad	Iran
44	170	ATRI 3945	Afghanistan	107	365	ATRI 16087	Iraq	170	715	Tajan	Iran
45	175	ATRI 3995	Afghanistan	108	366	ATRI 17034	Turkey	171	752	SARC 3	Pakistan
46	180	ATRI 5427	Iraq	109	371	ATRI 17191	Turkey	172	753	SARC 1	Pakistan
47	183	ATRI 5489	Iran	110	373	ATRI 17195	Turkey	173	754	ARG	Iran
48	185	ATRI 5498	Iran	111	375	ATRI 17552	Pakistan	174	755	SARC 4R	Pakistan
49	191	ATRI 5550	Iran	112	376	ATRI 17553	Pakistan	175	756	SARC 6R	Pakistan
50	192	ATRI 5555	Iran	113	377	ATRI 17554	Tajikistan	176	757	SARC 4W	Pakistan
51	196	ATRI 5585	Iran	114	379	ATRI 17559	Tajikistan	177	758	SARC 6W	Pakistan
52	201	ATRI 5627	Iran	115	382	ATRI 17562	Tajikistan	178	769	Single spike, row 2.628	Syria
53	202	ATRI 5643	Iran	116	383	ATRI 17811	Turkey	179	772	Single spike, row 2.624	Syria
54	210	ATRI 5721	Iran	117	385	ATRI 19186	Turkey	180	773	Single spike, row 2.625	Syria
55	220	ATRI 5855	Iran	118	387	ATRI 19218	Turkey	181	781	Single spike, row 2.637	Azerbaijan
56	232	ATRI 5947	Iran	119	389	ATRI 19224	Turkey	182	782	Single spike, row 2.639	Azerbaijan
57	233	ATRI 5956	Iran	120	391	ATRI 19262	Pakistan	183	783	Single spike, row 2.640	Azerbaijan
58	234	ATRI 5961	Iran	121	392	ATRI 19296	Turkey	184	1001	Barat	Iran
59	236	ATRI 5975	Iran	122	394	ATRI 22345	Turkey	185	1002	Mehregan	Iran
60	240	ATRI 6005	Iran	123	395	ATRI 22976	Afghanistan	186	1003	Shush	Iran
61	246	ATRI 6084	Iran	124	400	ATRI 28703	Pakistan	187	1004	N-87-20	Iran
62	248	ATRI 6112	Iran	125	403	ATRI 28722	Pakistan	188	1005	N-91-17	Iran
63	250	ATRI 6135	Iran	126	405	ATRI 28749	Pakistan	189	1006	Baharan	Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

خواب بذر (Seed dormancy) براساس درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۳ برآورد شد (Finch-Savage and Leubner-Metzger. 2006):

(رابطه ۳) Seed dormancy (%) = Germination% (after-ripened seeds); AGP - Germination% (freshly harvested seeds); FGP

AGP درصد جوانه‌زنی بذرهای پس‌رس شده و FGP درصد جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت شده هستند.

طول گیاهچه (مجموع ریشه‌چه و ساقه‌چه) در ۱۰ عدد از گیاهچه‌های طبیعی از هر تکرار با استفاده از خط‌کش (بر حسب سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. وزن خشک گیاهچه (مجموع وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه) پس از خشکاندن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون در ۱۰ نمونه از هر تکرار و توزین آنها (بر حسب میلی‌گرم) اندازه‌گیری شد (Böhm, 1979).

بنیه گیاهچه (بر اساس وزن خشک گیاهچه) (VSLDW) با استفاده از رابطه ۴ به‌دست آمد (Abdul-Baki and Anderson, 1973):

(رابطه ۴)

Seedling vigor (VSLDW)= Seedling Dry Weight; SLDW × AGP

SLDW وزن خشک گیاهچه و AGP درصد جوانه‌زنی بذرهای پس‌رس شده هستند.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار R انجام شد. قبل از انجام محاسبات، نرمال بودن توزیع داده‌ها و یکنواختی واریانس بر اساس روش شاپیرو-ویلک بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی و از طریق بسته Agricolae نسخه 1.3.7 در محیط RStudio در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) با استفاده از بسته‌های ggplot2 (نسخه 3.5.1)، Stats (نسخه 4.4.1) و Factoextra (نسخه 1.0.7) در محیط R نسخه 4.4.1 انجام شد. ضرایب همبستگی پیرسون و مقادیر p متناظر آن‌ها نیز با استفاده از دستور rcorr از بسته‌های Hmisc (نسخه 1.5.3) و Corrplot (نسخه 0.94) محاسبه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات جوانه‌زنی پیش از برداشت، درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذور تازه برداشت شده، درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذور پس‌رس شده، خواب بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و بنیه گیاهچه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت که نشان دهنده تفاوت‌های ژنتیکی در ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی است. در مطالعات انجام شده بر روی تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم گندم برای مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت مشاهده شده که تنوع در ژنوتیپ‌های گندم اهمیت زیادی دارد. این تنوع می‌تواند منجر به تفاوت‌های چشمگیری در واکنش ژنوتیپ‌های مختلف به تنش‌های محیطی مانند بارش‌های پیش از برداشت شود که عامل اصلی در بروز پدیده جوانه‌زنی پیش از برداشت است. برخی از ژنوتیپ‌های گندم دارای خواب دانه بالاتری هستند که به آنها کمک می‌کند تا از جوانه‌زنی زودهنگام جلوگیری شود، در حالی که ژنوتیپ‌های دیگر آسیب‌پذیرتر هستند.

نتایج مقایسه میانگین‌ها به دلیل تعداد بالای ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی، به صورت خلاصه شامل ۱۰ ژنوتیپ از ژنوتیپ‌هایی که بالاترین مقدار و ۱۰ ژنوتیپ از ژنوتیپ‌هایی که پایین‌ترین مقدار را از لحاظ صفات مورد ارزیابی داشتند. ژنوتیپ‌های ۳۵۰ و ۱۵۰ (به‌ترتیب از کشورهای عراق و افغانستان) دارای بیش‌ترین مقدار جوانه‌زنی پیش از برداشت (به‌ترتیب ۸۸/۰ و ۸۶/۲ درصد) بودند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

که این ژنوتیپ‌ها به جوانه‌زنی در شرایط محیطی مستعد، مانند رطوبت بالا، حساس‌تر هستند. بنابراین، این ژنوتیپ‌ها در مناطقی که احتمال بارندگی پیش از برداشت زیاد است، ممکن است گزینه مناسبی نباشند.

ژنوتیپ‌های ۳۲۰ از هند با ۲/۳۹ و ۶۳۶ از عراق با ۱/۱۲ درصد، کم‌ترین میزان جوانه‌زنی پیش از برداشت را داشتند. برای صفت خواب بذر، ژنوتیپ‌های ۳۴۵ و ۲۳۲ (به‌ترتیب از عراق و ایران) با میانگین ۷۱ و ۶۹ درصد، بیشترین مقدار خواب بذر را داشتند (جدول ۳). بذرهایی که خواب طولانی‌تری دارند، می‌توانند برای شرایطی که کاهش احتمال جوانه‌زنی سریع بذرها در شرایط نامناسب یا خارج از فصل کشت مورد نظر است، مناسب‌تر باشند. برای این ارقام دوره پس‌رسی مصادف با برطرف شدن خواب بذر و افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. ژنوتیپ ۳۵۰ از کشور عراق دارای کمترین میزان خواب بذر (۲۵- درصد) بود. این ویژگی می‌تواند در شرایطی که هدف جوانه‌زنی سریع بذرها پس از کاشت باشد، مفید است، اما ممکن است در مناطقی که با احتمال جوانه‌زنی زودهنگام و ناخواسته مواجه هستند، مشکل‌ساز باشد. منفی بودن خواب بذر در برخی از ژنوتیپ‌ها می‌تواند به علت زوال بذر طی دوره انبارداری و کاهش بنیه بذر بوده باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی (بذرهای تازه برداشت شده) ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 3. Mean comparison of (freshly harvested seeds) germination indices of bread wheat genotypes

ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	جوانه‌زنی پیش از برداشت PHS (%)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (hr^{-1})
350	88.0a	110	99a	358	0.0610a
150	86.2a-b	150	99a	110	0.054a-b
258	80.2a-c	566	99a	248	0.051a-c
339	79.5a-d	573	99a	150	0.0496b-d
542	76.8a-e	580	99a	672	0.0491b-e
672	76.7a-e	385	98a-b	773	0.043b-f
1006	76.6a-f	101	97a-c	135	0.043b-f
1005	75.5a-g	350	97a-c	220	0.0427c-g
308	74.3a-h	377	97a-c	350	0.0421c-h
277	73.8a-i	634	97a-c	385	0.0416c-i
.	.	.	.	.	.
54	15.85a-j	605	28a-h	232	0.024e-l
637	13.23b-j	606	24b-h	686	0.0234f-l
311	13.05c-j	345	22c-h	345	0.0232g-m
345	11.95d-j	686	22c-h	603	0.023h-m
313	8.35e-j	246	18d-h	606	0.0223i-m
603	4.89f-j	603	13e-h	349	0.0222j-m
605	4.01g-j	349	12f-h	201	0.20k-m
349	3.25h-j	196	10g-h	196	0.017l-n
320	2.39i-j	400	8h	246	0.013m-n
636	1.12j	232	7h	400	0.009n
SE	5.8	SE	5.0	SE	0.0016

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are ont significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

برای درصد جوانه‌زنی، بذرهای تازه برداشت شده ژنوتیپ‌های ۱۱۰، ۱۵۰، ۵۷۳ و ۵۸۰ از افغانستان و ژنوتیپ‌های ۵۶۶ از آلمان و ۳۸۵ از ترکیه، بیشترین مقدار (۹۹و ۹۸ درصد) و ژنوتیپ‌های ۴۰۰ از پاکستان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

(۸ درصد) و ۲۳۲ از ایران (۷ درصد)، کمترین مقدار را داشتند (جدول ۳). بیشترین میزان برای سرعت جوانه زنی بذرهای تازه برداشت شده شامل ژنوتیپ‌های ۳۵۸ و ۱۱۰ از عراق (۰/۰۶۱ در ساعت) و افغانستان (۰/۰۵۴ در ساعت) و کمترین میزان برای ژنوتیپ‌های ۲۴۶ از ایران (۰/۰۱۳ در ساعت) و ۴۰۰ (۰/۰۰۹ در ساعت) از پاکستان بود.

برای درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذرهای پس‌رس شده، ژنوتیپ‌های ۱۰۱، ۱۶۱ ازافغانستان، ژنوتیپ ۱۹۲ از ایران و ژنوتیپ ۲۶ از ترکیه بیشترین درصد جوانه‌زنی (۱۰۰ درصد) و ژنوتیپ‌های ۸۱ و ۱۱۰ (هردو از افغانستان) دارای بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۵۶۸ و ۰/۰۵۵۳ ساعت) بودند. ژنوتیپ‌های ۶۸۶، ۲۴۶،۲۴۰ و ۱۹۶ از ایران دارای کمترین درصد و سرعت جوانه‌زنی بودند (جدول ۴). ژنوتیپ‌هایی که دارای درصد و سرعت بالای جوانه‌زنی هستند، برای شرایطی که استقرار سریع گیاهچه مورد نظر است، به‌ویژه در شرایط آب و هوایی مناسب، مفید هستند. برخی ژنوتیپ‌ها که درصد یا سرعت جوانه‌زنی پایین‌تری دارند، ممکن است در شرایطی چون خشکی سطحی یا دمای بالا مزیت نسبی داشته باشند. در چنین شرایطی، جوانه‌زنی سریع ممکن است باعث از بین رفتن گیاهچه‌هایی شود که رشد آنها پیش از تثبیت رطوبت در خاک آغاز شده است. این پدیده به‌ویژه در برخی از مناطق دیم با بارندگی غیرقابل پیش‌بینی مشاهده شده و در متون علمی به عنوان "راهبرد تأخیری برای بقاء در شرایط تنش" از آن نام برده شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی (بذرهای پس‌رس شده) ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 4. Mean comparison of (after ripened seeds) germination indices of bread wheat genotypes

ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	سرعت جوانه‌زنی Germination rate (hr^{-1})	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	خواب بذر (بر مبنای درصد جوانه‌زنی) Seed dormancy (Based on germination%); SDGP (%)
101	100a	81	0.0568a	345	71a
161	100a	110	0.0553a-b	232	69a-b
192	100a	389	0.0546a-c	605	60a-c
26	100a	358	0.0545a-c	303	54a-d
313	100a	773	0.0542a-c	603	54a-d
382	100a	248	0.054a-d	261	49a-e
409	100a	170	0.0520a-e	268	49a-e
566	100a	385	0.0510a-f	233	46a-f
573	100a	220	0.0498a-g	3	46a-f
638	100a	569	0.0495a-g	391	45a-g
.	.	.	.	.	.
606	55n-u	295	0.0283B-I	202	-1j-p
295	53o-u	281	0.0282B-I	580	-1 j-p
283	52p-u	636	0.0276C-I	105	-2 k-p
636	52p-u	283	0.0271D-I	715	-2 k-p
400	46q-v	686	0.0260E-I	283	-4 l-p
246	42r-v	349	0.0257F-I	757	-8m-p
349	41s-v	400	0.0240G-J	347	-9n-p
686	39t-v	246	0.0239H-J	150	-10n-p
240	36u-v	240	0.0227I-J	240	-16o-p
196	21v	196	0.0136J	350	-25p
SE	3.92	SE	0.00161	SE	6.3

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are ont significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

با این وجود در زراعت دیم، معمولاً کاشت بذرهایی با قوه جوانه‌زنی بالاتر توصیه می‌شوند تا در مدت کوتاه فراهم بودن رطوبت خاک، بیشترین بهره‌برداری از آن شود (Sharma *et al.*, 2022). بر اساس نتایج بیشترین مقدار طول ریشه‌چه (به‌ترتیب ۱۴/۷ و ۱۴/۲ سانتی‌متر) برای ژنوتیپ‌های کشور عراق با شماره‌های ۳۵۱ و ۳۴۵ و کمترین مقدار آن برای ژنوتیپ‌های ایرانی ۱۹۶ (۵/۱۵ سانتی‌متر) و ۷۵۴ (۶/۹۴ سانتی‌متر) ثبت شد (جدول ۵)، ژنوتیپ‌های ۳۵۱ و ۳۴۵ با طول ریشه‌چه بلندتر احتمالا دارای توانایی بالاتری برای جذب آب و مواد غذایی از اعماق خاک هستند که در شرایط خشک یا با دسترسی محدود به مواد غذایی، مزیت بزرگی برای گندم محسوب می‌شوند. ژنوتیپ ۳۴۵ با دارا بودن بیشترین میزان خواب بذر و طول ریشه‌چه، دارای دو ویژگی مثبت است که می‌تواند در شرایط محیطی خاص مانند مناطقی با بارندگی زیاد یا کمبود آب، باعث ایجاد مزیت رقابتی برای گیاه شود. در میان ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی، بیشترین میانگین طول ساقه‌چه به ژنوتیپ‌های ۲۲۰ از ایران (۱۱/۹سانتی‌متر) و ۱۳۵ از عراق (۱۱/۴ سانتی‌متر) اختصاص داشت (جدول ۵) و کمترین مقدار نیز مربوط به ژنوتیپ‌های ۶۰۳ از عراق (۵/۱ سانتی‌متر) و ۱۹۶ از ایران (۴/۹ سانتی‌متر) بود. طول ساقه‌چه پایین در این ژنوتیپ‌ها می‌تواند نشان‌دهنده بنیه ضعیف‌تر بذر یا محدودیت در ذخایر اولیه بذر باشد؛ هرچند این صفت به‌صورت مستقیم با سرعت جوانه‌زنی بذر در ارتباط نیست، با این حال، ژنوتیپ‌های دارای ساقه‌چه کوتاه، درصد جوانه‌زنی پایین‌تری نیز داشتند.

ژنوتیپ‌های دارای ساقه‌چه کوتاه، درصد جوانه‌زنی پایین‌تری نیز داشتند. این موضوع می‌تواند نشان دهنده ضعیف بودن بنیه بذر یا تأثیر شرایط محیطی بر هر دو صفت بوده باشد. برای صفات طول گیاهچه، ژنوتیپ‌های ۳۵۱ و ۶۲۸ از عراق و سوریه، بیشترین مقدار (۲۵/۷ و ۲۴/۳ سانتی‌متر) را داشتند و ژنوتیپ‌های ایرانی ۱۹۶ و ۷۵۴ دارای کمترین مقدار (۱۰/۱ و ۱۲/۷ سانتی‌متر) بودند (جدول ۵). بیشترین مقدار برای وزن خشک گیاهچه و بنیه گیاهچه مربوط به ژنوتیپ‌های ۷۵۶ و ۱۰۰۴ (به‌ترتیب از پاکستان و ایران) و کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ‌های ۵۷ و ۶۷ (هر دو از افغانستان) بود (جدول ۵). شارما و همکاران (Sharma *et al.*, 2022) گزارش کردند که ژنوتیپ‌هایی که دارای وزن خشک گیاهچه بیشتری هستند، ممکن است به دلیل ذخایر بهتر انرژی برای رشد اولیه، تاب‌آوری بیشتری به تنش‌های محیطی داشته باشند و برعکس، ژنوتیپ‌هایی که وزن خشک گیاهچه کمتری دارند، ممکن است بیشتر در معرض آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی قرار گیرند.

ضرایب همبستگی بین صفات مورد ارزیابی نشان داد که بین برخی از صفات بذری مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. این ارتباط هم در بذور تازه برداشت‌شده و هم در بذور پس‌رس‌شده مشاهده شد (جدول ۶). بالاترین مقدار همبستگی مربوط به درصد و سرعت جوانه‌زنی در بذور تازه برداشت شده بود ($r = ۰/۸۰^{**}$) (شکل ۱، رنگ آبی). در بذور تازه برداشت شده همبستگی بالایی بین درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان می‌دهد که بذرهایی با درصد جوانه‌زنی بالا، معمولاً با سرعت بیشتری نیز جوانه می‌زنند. این همبستگی مثبت می‌تواند نشانه کیفیت بالای بذر باشد، زیرا بذرهای قوی‌تر، علاوه بر داشتن بنیه جوانه‌زنی بیشتر، در مدت زمان کوتاه‌تری نیز سبز می‌شوند.

همبستگی مثبت و معنی‌دار ضعیف بین درصد ($r = ۰/۲۰^{**}$) و سرعت جوانه‌زنی ($r = ۰/۲۳^{**}$) بذرهای تازه برداشت شده با جوانه‌زنی پیش از برداشت نشان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

جدول ۵ - مقایسه میانگین شاخص‌های رشدی بذر و گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم نان

Table 5. Mean comparison of seed germination and seedling growth indices of bread wheat genotypes

ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	طول ریشه‌چه Root length (cm)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	طول ساقه‌چه Epicotyl length (cm)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	طول گیاهچه Seedling length (cm)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight (mg)	ژنوتیپ‌های گندم Wheat genotypes	بنیه گیاهچه Seedling vigor based on seedling dry weight (VSLDW) (mg)
351	14.7a	220	11.9a	351	25.7a	756	17.0a	756	1708.2a
345	14.2a-b	135	11.4a-b	628	24.3a-b	1004	16.5a-b	1004	1638.6a-b
756	13.1a-c	628	11.4a-b	135	23.8a-c	657	16.3a-c	657	1631.2a-c
17	13.0a-c	772	11.3a-c	345	23.8a-c	672	15.9a-d	282	1588.7a-d
628	12.9a-d	324	11.2a-d	629	23.7a-c	282	15.8a-e	175	1582.0a-e
629	12.6a-e	366	11.1a-e	131	23.3a-d	175	15.8a-f	672	1577.5a-f
571	12.4a-e	629	11.1a-e	366	23.2a-e	394	15.7a-g	394	1576.0a-f
135	12.4a-e	351	10.9a-f	220	23.1a-f	22	15.6a-h	22	1563.0a-g
131	12.4a-e	131	10.9a-g	756	22.9a-g	3	15.5a-i	3	1552.2a-h
1003	12.4a-e	110	10.8a-h	45	22.7a-h	80	15.4a-j	659	1553.2a-i
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
566	7.9e-i	782	6.3f-m	623	15.1d-l	346	8.8a-	405	846.2a-j
248	7.8e-i	127	6.2g-m	277	14.9e-l	400	8.8b-i	281	788.0b-j
305	7.8e-i	1002	6.2h-m	192	14.7f-l	246	8.7b-i	40	762.6c-j
201	7.7e-i	691	6.1i-m	566	14.7g-l	757	8.5c-i	757	749.3d-j
274	7.7e-i	623	6.1i-m	246	14.5h-l	281	8.3d-i	350	729.8e-j
283	7.4f-i	192	5.9j-m	305	14.4h-l	40	8.1e[i	400	646.1f-j
127	7.3f-i	308	5.7k-m	782	14.2i-l	196	7.8f-i	246	629.9g-j
246	7.0g-i	754	5.7k-m	127	13.5j-l	350	7.7g-i	196	600.6h-j
754	6.9h-i	603	5.1l-m	754	12.7k-l	57	6.3h-i	57	572.0i-j
196	5.1i	196	4.9m	196	10.15	67	5.21i	67	497.6j
SE	0.76	SE	0.72	SE	1.28	SE	0.72	SE	72.48

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are ont significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

دهنده ارتباط بین جوانه‌زنی پیش از برداشت و کیفیت بالاتر جوانه‌زنی پس از برداشت است. بذرهایی که مستعد جوانه‌زنی پیش از برداشت هستند، در آزمایش‌های جوانه‌زنی پس از برداشت و پس از دوره پس‌رسی، معمولاً درصد و سرعت جوانه‌زنی بالاتری دارند. با این حال، باید تاکید کرد که بذرهایی که پیش از برداشت در سنبله جوانه می‌زنند، پس از برداشت و در دوره پس‌رسی، ممکن است تغییراتی در وضعیت جوانه‌زنی داشته باشند. در این رابطه در برخی از ژنوتیپ‌ها، درصد و سرعت جوانه‌زنی پس از برداشت و پس‌رسی به طور قابل توجهی کمتر بود، در حالی که در برخی دیگر، این ویژگی‌ها به دلیل ذخایر غذایی بیشتر و سلامت بذر، تا حد زیادی ثابت بود. این تفاوت‌ها تحت تاثیر شرایط محیطی و ذخایر غذایی بذر قرار دارند و نیازمند بررسی‌های بیشتر در آینده هستند. این ویژگی تحت تأثیر عوامل ژنتیکی مانند ژن *Phs-A1* روی کروموزوم 4A می‌باشد که نقش مهمی در حفظ خواب بذر و تأخیر جوانه‌زنی ایفا می‌کند. علاوه بر این، هورمون اسید آبسیزیک نیز نقش مهمی در تقویت این مقاومت دارد، زیرا تنظیم کننده خواب بذر در پاسخ به تنش‌های محیطی است (Shorinola *et al.*, 2016). نتایج نشان داد که بین خواب بذر با سرعت و درصد جوانه‌زنی در بذور تازه برداشت شده و سرعت جوانه زنی در بذرهای پس‌رس شده همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار بین درصد جوانه‌زنی در بذرهای تازه برداشت شده و خواب بذر ($r = -0/75^{**}$) مشاهده شد (شکل ۱، رنگ قرمز). همبستگی منفی و معنی‌دار بین خواب بذر و سرعت و درصد جوانه‌زنی در بذرهای تازه برداشت شده به این معنا است که بذرهایی که دوره خواب بیشتری دارند، معمولاً با سرعت کمتری جوانه می‌زنند و درصد جوانه‌زنی پایین‌تری نیز دارند. خواب بذر یک سازوکار طبیعی برای محافظت از بذرها در برابر شرایط نامناسب محیطی است و بذرهای دارای خواب عمیق نیاز به زمان یا شرایط خاصی برای شکسته شدن خواب دارند. این ویژگی باعث می‌شود که این بذرها در آزمایش استاندارد جوانه‌زنی عملکرد ضعیف‌تری داشته باشند، در حالی‌که بذرهای با خواب کمتر، در آزمایش جوانه‌زنی با سرعت و درصد بالاتری جوانه می‌زنند. نتایج آزمایش حاضر با یافته‌های سایر محققان که گزارش کردند بین خواب بذر و تمایل به جوانه‌زنی، همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد و ژنوتیپ‌های دارای خواب بذر بیشتر، درصد جوانه‌زنی کمتری داشتند (Zanetti *et al.*, 2000)، مطابت دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که خواب بذر نقش مهمی در مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت دارد، اما در شرایط آزمایشگاهی ممکن است موجب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی شود.

همبستگی منفی و معنی‌دار بین خواب بذر و سرعت و درصد جوانه‌زنی در گندم به این دلیل است که سطح بالای هورمون اسید آبسیزیک، خواب بذر را القا و جوانه‌زنی را مهار می‌کند. فرایندهای جوانه‌زنی پس از برداشت باعث کاهش سطح خواب و افزایش قابلیت جوانه‌زنی بذر شده و باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی می‌شوند (Ali *et al.*, 2021). بین طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه ($r = 0/57^{**}$) و هر دو با طول گیاهچه ($r = 0/88^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). در آزمایش روی گندم گزارش شده است که بین طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. این موضوع نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های دارای ریشه‌های بزرگ‌تر، معمولا ساقه‌های بلندتری تولید می‌کنند و رشد کلی گیاهچه‌ها بیشتر است. این ارتباط مثبت می‌تواند به دلیل نیاز بیشتر ریشه به مواد فتوسنتزی برای رشد و افزایش انشعابات ریشه باشد و باعث بهبود جذب آب و مواد غذایی در شرایط دشوار محیطی می‌شود (Rahnama *et al.*, 2024). بین شاخص بنیه گیاهچه و وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبت و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

جدول ۶- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم نان

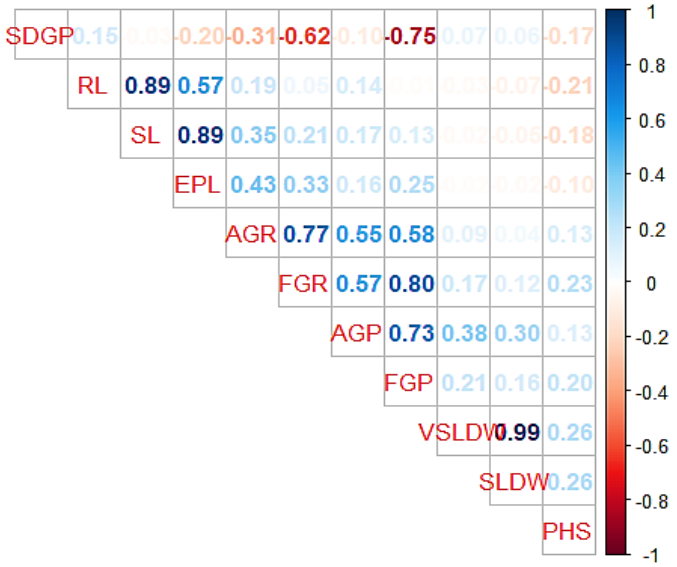
Table 6. Simple correlation coefficients between seed germination and seedling growth indices of bread wheat genotypes

	صفات گیاهی Plant traits	جوانه‌زنی پیش از برداشت PHS	سرعت جوانه‌زنی FGR	درصد جوانه‌زنی FGP	سرعت جوانه‌زنی AGR	درصد جوانه‌زنی AGP	خواب بذر SDGP	طول ریشه‌چه RL	طول ساقه‌چه EPL	طول گیاهچه SL	وزن خشک گیاهچه SLDW	بنیه گیاهچه VSLDW
PHS	جوانه‌زنی پیش از برداشت	1	0.233^{**}	0.202^{**}	0.131^{ns}	0.126^{ns}	-0.173^{*}	-0.213^{**}	-0.103^{ns}	-0.178^{*}	0.262^{**}	0.257^{**}
FGR	سرعت جوانه‌زنی (تازه)		1	0.803^{**}	0.771^{**}	0.573^{**}	-0.619^{**}	0.054^{ns}	0.325^{**}	0.214^{**}	0.116^{ns}	0.0171^{*}
FGP	درصد جوانه‌زنی (تازه)			1	0.579^{**}	0.732^{**}	-0.751^{**}	-0.010^{ns}	0.247^{**}	0.134^{ns}	0.155^{*}	0.206^{**}
AGR	سرعت جوانه‌زنی (پس‌رس)				1	0.551^{**}	-0.312^{**}	0.189^{**}	0.426^{**}	0.347^{**}	0.043^{ns}	0.092^{ns}
AGP	درصد جوانه‌زنی (پس‌رس)					1	-0.101^{ns}	0.140^{ns}	0.162^{*}	0.170^{*}	0.299^{**}	0.384^{**}
SDGP	خواب بذر						1	0.151^{*}	-0.203^{**}	-0.030^{ns}	0.062^{ns}	0.072^{ns}
RL	طول ریشه‌چه							1	0.574^{**}	0.887^{**}	-0.067^{ns}	-0.025^{ns}
EPL	طول ساقه‌چه								1	0.887^{**}	-0.021^{ns}	-0.015^{ns}
SL	طول گیاهچه									1	-0.050^{ns}	-0.023^{ns}
SLDW	وزن خشک گیاهچه										1	0.989^{**}
VSLDW	بنیه گیاهچه											1

ns ، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار معنی و دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد **: Non- significant and significant at 5% at %1 probability levels, respectively ns, * and

PHS: Pre-Harvest Sprouting, SLDW: Seedling Dry Weight, VSLDW: Vigor of Seedling based on Seedling Dry Weight, FGP: Germination Percent in Freshly Harvested Seeds, AGP: Germination Percent in After-Ripened Seeds, FGR: Germination Rate in Freshly Harvested Seeds, AGR: Germination Rate in After-Ripened Seeds, EPL: Epicotyl Length, SL: Seedling Length, RL: Radicle Length, SDGP: Seed Dormancy based on Germination Percent

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]



شکل ۱- نقشه حرارتی روابط بین شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم نان بر اساس آزمون همبستگی پیرسون

Fig. 1. Heatmap of relationships between seed germination and seedling growth indices of bread wheat genotypes based on Pearson correlation test

PHS: Pre-Harvest Sprouting, SLDW: Seedling Dry Weight, VSLDW: Vigor of Seedling based on Seedling Dry Weight, FGP: Germination Percent in Freshly Harvested Seeds, AGP: Germination Percent in After-Ripened Seeds, FGR: Germination Rate in Freshly Harvested Seeds, AGR: Germination Rate in After-Ripened Seeds, EPL: Epicotyl Length, SL: Seedling Length, RL: Radicle Length, SDGP: Seed Dormancy based on Germination Percent

معنی‌داری (r =۰/۹۹**) وجود داشت (جدول ۶). بنیه گیاهچه که معمولاً به عنوان بنیه بذر نیز شناخته می‌شود، نشان‌دهنده توانایی بذر در تولید گیاهچه‌های طبیعی و قوی است. در گندم، همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن خشک گیاهچه و بنیه گیاهچه به این معنا است که بذرهای با بنیه بذر بالاتر، دارای وزن خشک گیاهچه بیشتری هستند. این ارتباط نشان می‌دهد که کارایی گیاه در استفاده از منابع به استقرار موفقیت‌آمیز بوته‌ها در مزرعه بستگی دارد و بنیه بذر توانایی گیاه برای جوانه‌زدن و استقرار سریع یکنواخت گیاهچه‌ها و تحمل به شرایط محیطی را تعیین می‌کند (Finch-Savage and Bassel, 2016). بین جوانه‌زنی پیش از برداشت با طول ریشه‌چه و گیاهچه همبستگی منفی ضعیفی وجود داشت. همبستگی منفی بین طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و طول گیاهچه با جوانه‌زنی پیش از برداشت معمولا به دلیل اثر متقابل ویژگی‌های خواب بذر و جوانه‌زنی است. نتایج تحقیقات نشان داده‌اند که خواب بذر و مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت به‌طور مستقیم بر رشد ریشه و ساقه‌چه تأثیر می‌گذارند. بذرهایی با خواب کمتر، معمولا در شرایط مساعد محیطی سریع‌تر جوانه می‌زنند، اما جوانه‌زنی سریع می‌تواند باعث کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه پس از جوانه‌زنی شود. در مقابل، بذرهای با خواب بیشتر که مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت هستند، اغلب ریشه‌های قوی‌تر و ساقه‌چه بلندتری دارند. این ویژگی‌ها می‌توانند به بقا و رشد بهتر گیاهچه در شرایط نامساعد محیطی کمک کنند (Ali *et al.*, 2021).

نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی در شکل‌های ۲ و ۳

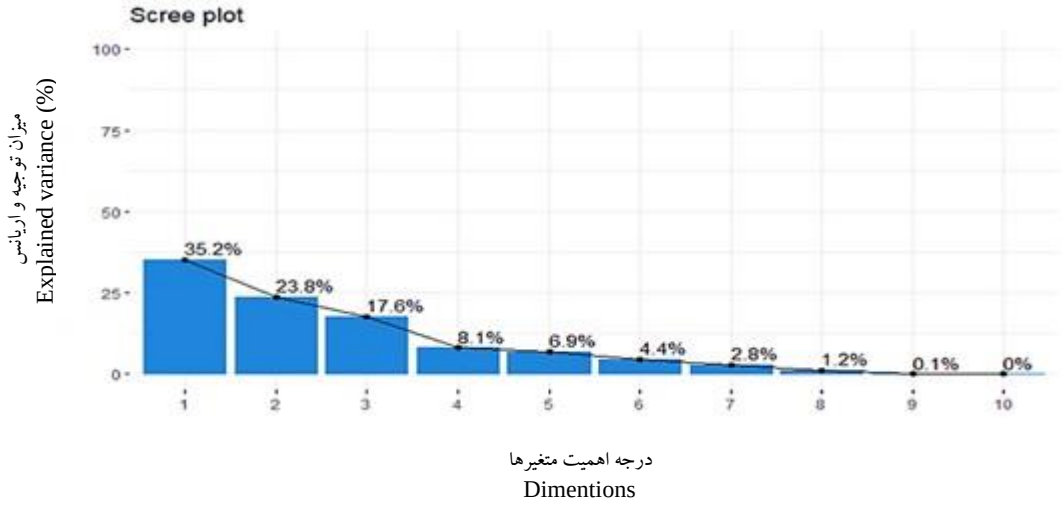
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

ارائه شده است. در شکل ۳ همبستگی و ارتباط بین متغیرها با مولفه‌های اصلی و سهم هر متغیر در مولفه‌ها با پیکان‌ها نشان داده شده‌اند. محور افقی و محور عمودی به‌ترتیب مولفه‌های اصلی اول (PC1) و دوم (PC2) هستند که بیش‌ترین واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. محور افقی (مولفه اصلی اول) ۳۵/۲ درصد از واریانس داده‌ها و محور عمودی (مولفه اصلی دوم) ۲۳/۸ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه می‌کنند (مجموعا ۵۹ درصد) (شکل۲). مولفه اول با درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر تازه برداشت شده و درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر پس‌رس شده، همبستگی مثبت و با طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه همبستگی منفی داشته و مولفه دوم با وزن خشک گیاهچه، بنیه گیاهچه و جوانه‌زنی پیش از برداشت همبستگی مثبت و با خواب بذر همبستگی منفی داشت. در شکل ۳ متغیرهایی که دارای رنگ‌های نارنجی یا قرمز هستند (درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر تازه برداشت شده، سرعت جوانه‌زنی بذر پس‌رس شده و طول گیاهچه) مشارکت بیشتری در توجیه واریانس مولفه‌های اصلی اول و دوم دارند. این متغیرها در مولفه‌های اصلی اثر بارزتری داشته و تأثیر زیادی در تفکیک گروه‌ها دارند. این متغیرها سهم قابل‌توجهی در کاهش ابعاد داده‌ها و تحلیل آنها دارند و می‌توان از آنها در تشخیص تفاوت‌های بین ژنوتیپ‌ها استفاده کرد. متغیرهایی که با رنگ آبی مشخص شده‌اند (وزن خشک گیاهچه، بنیه گیاهچه، جوانه‌زنی پیش از برداشت و خواب بذر)، مشارکت کمتری در توجیه واریانس دارند و اثر آنها در مولفه‌های اصلی کمتر بوده و در مقایسه با متغیرهای نارنجی یا قرمز، نقش کمتری در تفکیک گروه‌ها دارند، اما ممکن است در شرایط خاص (مثلا برای گزینش ژنوتیپ‌های خاص) اهمیت داشته باشند. زاویه بین پیکان‌ها نیز نشان دهنده همبستگی بین متغیرهاست. هم‌جهت بودن و زاویه حاد هم‌گرا بین پیکان‌ها (مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر تازه برداشت شده)، نشان دهنده همبستگی مثبت و بالا بین صفات است. به‌طور کلی، صفاتی که در جهت نسبتا مشابهی قرار دارند، تمایل به تغییرات مشابه دارند و معمولاً به‌طور همزمان افزایش یا کاهش می‌یابند. این ویژگی‌ها الگوهای مشابهی از واریانس را نشان می‌دهند که نشان دهنده آثار مشترک آن‌ها بر رشد و ویژگی‌های بذر است. زاویه نزدیک به ۱۸۰ درجه بین پیکان‌ها (مانند خواب بذر با درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت شده) نشان‌دهنده همبستگی منفی بین آنها است. این همبستگی منفی نشان می‌دهد که خواب بذر که نشان دهنده مقاومت بیشتر بذر در برابر جوانه‌زنی پیش از برداشت است، می‌تواند باعث کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت شده شود. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی به روشن شدن ارتباطات و الگوهای واریانس موجود در داده‌های مربوط به شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم کمک می‌کند. نتایج حاصل از این تحلیل می‌تواند در گزینش و اصلاح ژنوتیپ‌های مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت و بهبود صفات مرتبط با کیفیت بذر در گندم نان مورد استفاده قرار گیرد.

نمایش همزمان ژنوتیپ‌های گندم و متغیرها را در فضای مولفه‌های اصلی، در نمودار بای‌پلات ارائه شده است (شکل ۴). ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی بر اساس شاخص‌های بذری و مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت، به چند گروه تقسیم شدند. ژنوتیپ‌هایی که ویژگی‌های مشابه‌تری داشتند، در نمودار به یکدیگر نزدیک‌تر بودند و ژنوتیپ‌هایی که تفاوت بیشتری داشتند، در فاصله بیشتری از هم بودند. ژنوتیپ‌های ۱۹۶، ۲۴۶ و ۴۰۰ در حاشیه نمودار قرار گرفتند. این موقعیت نشان دهنده انحراف این ژنوتیپ‌ها از میانگین گروه و برخورداری آن‌ها از ویژگی‌های منحصر به فرد است. ژنوتیپ ۳۵۲ به‌دلیل نزدیکی نسبی ویژگی‌های آن به میانگین کل، در مرکز نمودار قرار گرفت. این موقعیت نشان دهنده همخوانی بیشتر این ژنوتیپ با الگوی عمومی

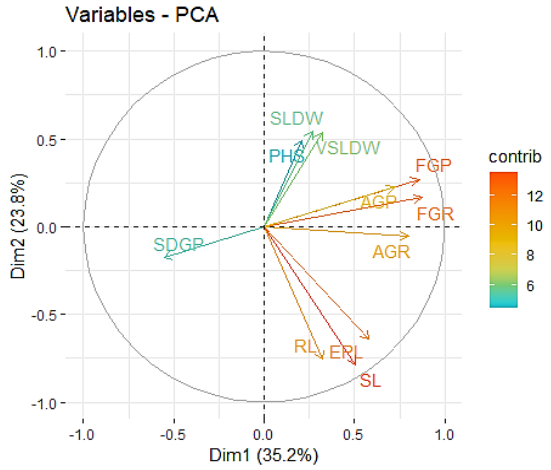
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

سایر ژنوتیپ‌ها و تعادل نسبی در ویژگی‌های بذری و گیاهچه‌ای آن است. بررسی توزیع ژنوتیپ‌های گندم نسبت به متغیرهای مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌های واقع در مجاورت متغیرهای درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت شده، دارای همبستگی مثبت و بالا با این صفات بودند (شکل ۴). این موضوع نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها از پتانسیل بالاتری برای جوانه‌زنی سریع و یکنواخت برخوردار هستند. ژنوتیپ‌هایی که در جهت مخالف خواب بذر قرار داشتند، رابطه منفی با این ویژگی داشتند. این موضوع نشان دهنده کاهش میزان خواب بذر در این ژنوتیپ‌ها و افزایش تمایل آن‌ها به جوانه‌زنی سریع‌تر است. الگوهای پراکنش ژنوتیپ‌های گندم نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه در آن‌ها و تفاوت در توانایی تطابق با شرایط محیطی مانند



شکل ۲- نمودار Scree Plot مولفه‌های اصلی ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم نان

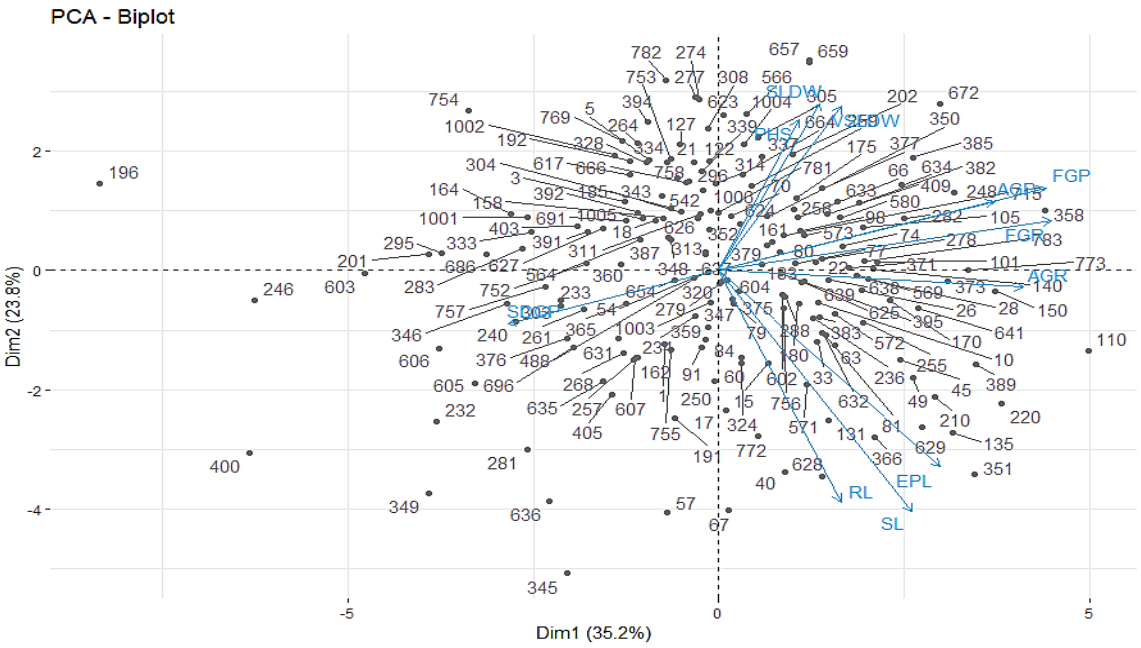
Fig. 2. Scree plot of principal components for seed germination and seedling growth indices evaluation of bread wheat genotypes



شکل ۳- پراکنش دوبعدی مولفه‌های اصلی ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های گندم نان

Fig. 3. Two-dimensional scatter plot of principal components for seed germination and seedling growth indices evaluation of bread wheat genotypes

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]



شکل ۴- پراکنش دوبعدی ژنوتیپ‌های گندم نان بر مبنای دو مولفه اصلی اول برای شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه

Fig. 4. Two-dimensional scatter plot of bread wheat genotypes based on the first two principal components for seed germination and seedling growth indices

PHS: Pre-Harvest Sprouting, SLDW: Seedling Dry Weight, VSLDW: Vigor of Seedling based on Seedling Dry Weight, FGP: Germination Percent in Freshly Harvested Seeds, AGP: Germination Percent in After-Ripened Seeds, FGR: Germination Rate in Freshly Harvested Seeds, AGR: Germination Rate in After-Ripened Seeds, EPL: Epicotyl Length, SL: Seedling Length, RL: Radicle Length, SDGP: Seed Dormancy based on Germination Percent

پدیده جوانه‌زنی پیش از برداشت است. بر پایه این یافته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های مرتبط با کیفیت بذر و مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت، تحت تأثیر هم‌زمان عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارند. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است که تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌تواند برای ارزیابی عوامل ژنتیکی و محیطی مؤثر در مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت (مانند تنوع در سطح خواب بذر در ارقام گندم)، مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیقات مشخص شده است که تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌تواند از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های حجیم مربوط به ویژگی‌های فیزیولوژیکی و نشانگرهای مولکولی، برای شناسایی بیان ژن‌ها و صفاتی که به بهبود سرعت جوانه‌زنی و قدرت رویش بذر کمک می‌کنند، به‌کار گرفته شود (Matilla, 2024). در یک آزمایش دیگر، نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی روی صفات مورفو فیزیولوژیکی ۱۲۷ ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش خشکی نشان داد که سه مولفه اصلی اول ۷۱/۶ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. ویژگی‌هایی که بیش‌ترین سهم را در تغییرات داشتند وزن خشک گیاهچه، محتوای آب بافت، پایداری غشای سلولی، محتوای آب نسبی برگ، نسبت وزن ریشه به ساقه و شاخص بنیه گیاهچه بودند (Mohi-Ud-Din *et al.*, 2021).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بین خواب بذر و جوانه‌زنی پیش از برداشت همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد و در ژنوتیپ‌هایی با خواب بذر بیشتر، احتمال جوانه‌زنی زودرس روی سنبله کمتر است. همبستگی مثبت بین جوانه‌زنی پیش از برداشت و جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت شده و ویژگی‌های رشدی گیاهچه نشان داد که بذرهایی که پس از برداشت به‌سرعت جوانه می‌زنند، احتمالا به جوانه‌زنی پیش از برداشت مستعدتر هستند. نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی، قدرت بذر و طول گیاهچه، بیشترین تأثیر را در تبیین تنوع جوانه‌زنی پیش از برداشت بین ژنوتیپ‌های گندم دارند. این نتایج نشان می‌دهد که خواب بذر، علی‌رغم تاثیر بازدارنده آن، تنها عامل موثر در جوانه‌زنی پیش از برداشت نیست و سایر ویژگی‌های رشدی و قدرت بذر نیز می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مکمل در گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت مورد استفاده قرار گیرند. در میان منابع ژرم‌پلاسم مورد ارزیابی، ژنوتیپ‌های ۳۴۹، ۳۲۰، ۶۳۶، ۳۴۵، ۶۰۳ و ۶۰۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت، با بیشترین میزان خواب بذر و مقادیر پایین درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرهای تازه برداشت‌شده، به‌عنوان منابع مناسب مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت شناسایی شدند. منشاء اصلی این ژنوتیپ‌ها عمدتا کشور عراق است. با توجه به اهمیت مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت در گندم، در تحقیقات آینده می‌توان بر شناسایی و تشخیص ژن‌ها/ لوکوس‌های اصلی، ایجاد و استفاده از منابع ژرم‌پلاسم مقاوم به جوانه‌زنی پیش از برداشت، استفاده از فناوری‌های نوین مانند انتخاب به کمک نشانگرهای مولکولی، انتقال و ویرایش ژن تمرکز کرد. استفاده از این روش‌ها می‌تواند باعث افزایش کارایی به‌نژادی و بهبود ویژگی‌های مقاومت به جوانه‌زنی پیش از برداشت در گندم شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از بانک ژن جهان‌نما دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به پاس تامین منابع ژنتیکی مورد ارزیابی در این طرح، کمال تشکر و قدردانی بعمل آورده می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Ali, F., Qanmber, G., Li, F., and Wang, Z. 2021. Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. *Journal of Advanced Research*, 35, pp.199-214. https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.03.011

Abdul-Baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Physiological and biochemical deterioration of seeds. *In:* Kozlowski, T.T. (Ed.) *Seed Biology*, 2: pp.283-315. Academic Press, New York, USA.

Böhm, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Brown, L.K., Wiersma, A.T., and Olson, E.L. 2018. Preharvest sprouting and α-amylase activity in soft winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 79, pp.311-318. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.11.016

Brenchley, R., Spannagl, M. Pfeifer, M. Barker, G.L.A. D'amore, R. Allen, A.M. McKenzie, N. Kramer, M. Kerhornou, A. Bolser, D. Kay, S. Waite, D. Trick, M. Bancroft, I. Gu, Y. Huo, N. Luo, M.C. Sehgal, S. Gill, B. Kianian, S. Anderson, O. Kersey, P. Dvorak, J. McCombie, W.R. Hall, A., Mayer, K. F. Edwards, K.J. Bevan, M.W., and Hall, N. 2012. Analysis of the bread wheat genome using whole-genome shotgun sequencing. *Nature*, 491(7426), pp.705–710. https://doi.org/10.1038/nature11650

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

Cao, S.H., Xu, D.G. Hanif, M. Xia, X.C., and He, Z.H. 2020. Genetic architecture underpinning yield component traits in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 133(6), pp.1811–1823. https://doi.org/10.1007/s00122-020-03562-8

Chandra, R., Masilamani, P. Suthakar, B. Rajkumar, P. Sivakumar, S.D., and Manonmani, V. 2024. Seed dormancy and after-ripening mechanisms in seed germination: A comprehensive review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(10), pp.68–92. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i105056

Clark, J.M., Depauw, R.M. McLeod, J.G., and McCaig, T.N. 1994. Variation for pre-harvest sprouting resistance in durum wheat. *Crop Science*, 34(6), pp.1632–1635. https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183X003400060038x

Finch-Savage, W.E., and Bassel, G.W. 2016. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), pp.567–591. https://doi.org/10.1093/jxb/erv490

Finch-Savage, W.E., and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171(3), pp.501–523. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x

Gholizadeh, F., Mirzaghaderi, G. Danish, S. Farsi, M., and Marashi, S.H. 2021. Evaluation of morphological traits of wheat varieties at germination stage under salinity stress. *PLoS One* 16(11), pp.e0258703. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258703

Lang, J., Fu, Y. Zhou, Y. Cheng, M. Deng, M. Li, M. Zhu, T. Yang, J. Guo, X. Gui, L. Li, L. Chen, Z. Yi, Y. Zhang, L. Hao, M. Huang, L. Tan, C. Chen, G. Jiang, Q. Qi, P. Pu, Z. Ma, J. Liu, Z. Liu, Y. Luo, M.C. Wei, Y. Zheng, Y. Wu, Y. Liu, D., and Wang, J. 2021. Myb10-D confers PHS-3D resistance to pre-harvest sprouting by regulating NCED in ABA biosynthesis pathway of wheat. *New Phytologist*, 230(5), pp.1940–1952. https://doi.org/10.1111/nph.17312

Lin, M., Zhang, D.D. Liu, S.B. Zhang, G.R. Yu, J.M. Fritz, A.K., and Bai, G.H. 2016. Genome-wide association analysis on pre-harvest sprouting resistance and grain color in U.S. winter wheat. *BMC Genomics*, 17(1), pp.794–810. https://doi.org/10.1186/s12864-016-3148-6

Mares, D.J. and Mrva, K. 2014. Wheat grain pre-harvest sprouting and late maturity α-amylase. *Planta*, 240(6), pp.1167–1178. https://doi.org/10.1007/s00425-014-2172-5

Matilla, A.J. 2024. Current insights into weak seed dormancy and pre-harvest sprouting in crop species. *Plants*, 13(18), pp.2559. https://doi.org/10.3390/plants13182559

Maulana, F., Huang, W. Anderson, J.D. Kumssa, T.T., and Ma, X.F. 2021. Genome-wide association mapping of seedling vigor and regrowth vigor in winter wheat. *Crops*, 1(3), pp.153-165. https://doi.org/10.3390/crops1030015

Mohi-Ud-Din, M., Hossain, M.A. Rohman, M.M. Uddin, M.N. Haque, M.S. Ahmed, J.U. Hossain, A. Hassan, M.M., and Mostofa, M.G. 2021. Multivariate analysis of morpho-physiological traits reveals differential drought tolerance potential of bread wheat genotypes at the seedling stage. *Plants*, 10(5), pp.879. https://doi.org/10.3390/plants10050879

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

Nelson, S. K., Kanno, Y. Seo, M., and Steber, C.M. 2023. Seed dormancy loss from dry after-ripening is associated with increasing gibberellin hormone levels in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 14, pp.1145414. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1145414

Nikzade Talebi, S., Aalami, A., Esfahani, M., and Ebadi, A. 2016. Evaluation of allic frequency and association analysis of microsatellite markers with some traits related to pre-harvest sprouting in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(1), pp.49-62. [In Persian]. doi: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.4.3

Rahnama, A., Hosseinalipour, B. Farrokhian Firouzi, A. Harrison, M.T., and Ghorbanpour, M. 2024. Root architecture traits and genotypic responses of wheat at seedling stage to water-deficit stress. *Cereal Research Communications*, 52, pp.1499–1510. https://doi.org/10.1007/s42976-023-00481-4

Shah, T., Latif, S. Khan, H. Munsif, F., and Nie, L. 2019. Ascorbic acid priming enhances seed germination and seedling growth of winter wheat under low temperature due to late sowing in Pakistan. *Agronomy*, 9, pp.757. https://doi.org/10.3390/agronomy9110757

Sharma, S., Singh, V. Tanwar, H. Mor, V.S. Kumar, M. Punia, R.C. Dalal, M.S. Khan, M. Sangwan, S. Bhuker, A. Dagar, C.S. Yashveer, S., and Singh, J. 2022. Impact of high temperature on germination, seedling growth, and enzymatic activity of wheat. *Agriculture*, 12(9), pp.1500. https://doi.org/10.3390/agriculture12091500

Shorinola, O., Bird, N. Simmonds, J. Berry, S. Henriksson, T. Jack, P. Werner, P. Gerjets, T. Scholefield, D. Balcárková, B. Valárik, M. Holdsworth, M.J. Flintham, J., and Uauy, C. 2016. The wheat *Phs-A1* pre-harvest sprouting resistance locus delays the rate of seed dormancy loss and maps 0.3 cM distal to the *PM19* genes in UK germplasm. *Journal of Experimental Botany*, 67(14), pp.4169-4178. https://doi.org/10.1093/jxb/erw194

Singh, C., Kamble, U.R. Gupta, V. Singh, G. Sheoran, S. Gupta, A. Tyagi, B.S. Kumar, P. Mishra, C.N. Gopalareddy, K. Bishnoi, S.K. Sharma, A.K. Kumar, S., and Singh, G.P. 2021. Pre-harvest sprouting in wheat: Current status and future prospects. *Journal of Cereal Research*, 13(Spl.1), pp.1-22. http://doi.org/10.25174/2582-2675/2021/114484

Soltani, A., Galeshi, S. Zeinali, E., and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization, and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30(1), pp.51–60.

Soltani, E., Ghaderi-Far, F. Baskin, C.C., and Baskin, J.M. 2015. Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. *Australian Journal of Botany*, 63, pp.631-635. https://doi.org/10.1071/BT15133

Waadt, R., Seller, C.A. Hsu, P.K. Takahashi, Y. Munemasa, S., and Schroeder, J.I. 2022. Plant hormone regulation of abiotic stress responses. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 23, pp.680–694. https://doi.org/10.1038/s41580-022-00479-6

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

Yan, S., Yu, Z. Gao, W. Wang, X. Cao, J. Lu, J. Ma, C. Chang, C., and Zhang, H. 2023. Dissecting the genetic basis of grain color and pre-harvest sprouting resistance in common wheat by association analysis. *Journal of Integrative Agriculture* 22(9), pp.2617-2631. https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.04.017

Yousif, M.A.I., Wang, Y.R., and Dali, C. 2020. Seed dormancy overcoming and seed coat structure change in *Leucaena leucocephala* and *Acacia nilotica*. *Forest Science and Technology*, 16(1), pp.18–25. https://doi.org/10.1080/21580103.2019.1700832

Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), pp.415–421. https://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x

Zanetti, S., Winzeler, M. Feuillet, C. Keller, M., and Messmer, M. 2000. Genetic analysis of pre-harvest sprouting resistance in a wheat × spelt cross. *Crop Science*, 40(5), pp.1406-1417. https://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.4051406x

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]