

## ارزیابی مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت و مطالعه همبستگی و تجزیه علیت صفات بذر با آن در گندم نان (*Triticum aestivum*)

جواد اعتضادی جمع<sup>۱</sup>، رضا توکل افشاری<sup>۲</sup>، بهمن یزدی صمدی<sup>۳</sup> و عبدالهادی حسین زاده<sup>۴</sup>

۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار،

پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران - کرج

تاریخ پذیرش مقاله ۸۳/۷/۸

### خلاصه

به منظور مطالعه مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت در ارقام گندم نان ایرانی، تعداد ۳۰ رقم گندم نان شامل ۲۷ رقم تجاری به همراه ۳ رقم گندم شاهد استرالیایی و کانادایی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۰ کشت گردید. صفات تاریخ خوشه دهی، تاریخ گلدهی و مرحله رشدی زادکس ۹۲ در مزرعه یادداشت برداری شد. خوشه ها در مرحله زادکس ۹۲ برداشت و رطوبت بذر بلافاصله پس از برداشت اندازه گیری شد. صفت جوانه زنی روی خوشه توسط دو روش غربال نمره جوانه زنی و شاخص جوانه زنی ارزیابی شد. سپس صفات مرتبط با آن از قبیل خواب بذر، طول دوره پس از رسیدگی و عدد فالینگ در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این آزمایش تنوع ژنتیکی معنی داری را بین ارقام در ارتباط با صفات مطالعه شده نشان داد. در هر دو روش غربال اکثر ارقام ایرانی نسبت به جوانه زنی روی خوشه مقاومت پائینی نشان دادند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که همبستگی منفی و معنی داری بین صفت جوانه زنی روی خوشه با خواب بذر و عدد فالینگ وجود دارد. همچنین همبستگی مثبت و معنی داری بین خواب بذر و عدد فالینگ مشاهده شد. تجزیه همبستگی صفات نشان داد که طول دوره پس از رسیدگی بیشترین همبستگی را با نمره جوانه زنی و شاخص جوانه زنی نشان می دهد. همچنین تجزیه کلاستر تنوع نسبتاً مطلوبی را بین ارقام موجود در آزمایش نشان داد.

**واژه های کلیدی:** جوانه زنی قبل از برداشت، خواب بذر، دوره پس از رسیدگی، عدد فالینگ، گندم نان

### مقدمه

برنامه های به نژادی گیاهان زراعی با گزینش ژنوتیپ های برخوردار از قابلیت جوانه زنی سریع بذر و فاقد خواب همراه بوده است. اما چنین ویژگی می تواند منجر به جوانه زنی زود هنگام دانه ها در مرحله پس از رسیدگی فیزیولوژیک و قبل از مرحله برداشت غلات در شرایط مرطوب شود. این پدیده که اصطلاحاً جوانه زنی قبل از برداشت<sup>۱</sup> نامیده می شود، اغلب در رطوبت بالا و هنگام رسیدن دانه اتفاق می افتد (۱). خسارت جوانه زنی قبل

از برداشت گندم در نواحی مرطوب امری نسبتاً متداول بوده و در هر ۱۰ سال سه الی چهار مرتبه اتفاق می افتد (۱۵). شواهد نشان می دهد که بیش از ۲۷ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت غلات جهان با این مشکل روبرو هستند (۴، ۱). برای مثال در ایران وقوع بارندگی در خرداد ماه در استانهای شمالی کشور منجر به پدیده جوانه زنی قبل از برداشت در گندم می گردد. این امر باعث کاهش عملکرد و کیفیت بذر و در نتیجه موجب ضرر اقتصادی به زارعین، مصرف کننده و نیز دولت می گردد (۱). بسیاری از محققین علت اصلی بروز پدیده جوانه زنی قبل از برداشت را در گونه های مختلف گندم، کوتاه شدن دوره خواب

1. Pre-harvest sprouting

مکاتبه کننده: رضا توکل افشاری

e-mail: tavakkol@ut.ac.ir

دهی باشد چرا که اکثر گندم های بهاره مقاوم به جوانه زنی قبل از برداشت که در اختیار اصلاحگران گیاه می باشد به نظر می رسد که دیررس باشند. همچنین هاگل (۱۹۹۵) در تحقیقات خود مشاهده کرد که در یک جمعیت متنوع گزینش برای زودرسی با کاهش مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت در ارتباط می باشد (۷).

هدف از این تحقیق بررسی تنوع ژنتیکی ارقام گندم نان ایرانی برای مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت می باشد. همچنین مطالعه صفات مرتبط با مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت جهت انتخاب موثرتر ارقام مقاوم از دیگر اهداف این تحقیق می باشد.

### مواد و روش ها

در این تحقیق ۳۰ رقم گندم نان (*Triticum aestivum L.*) در طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در پاییز ۱۳۸۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران کشت گردید. هر کرت شامل چهار ردیف بود که طول هر ردیف سه متر و فاصله بین ردیف ها ۲۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. هیچ نوع کودی مصرف نشد. در طول فصل رشد شش مرتبه آبیاری انجام شد. برای کنترل علفهای هرز از علف کش 2,4-D استفاده شد. از میان ۳۰ رقم، ۲۷ رقم جزء ارقام ایرانی و سه رقم AUS1293، AUS1408، RL4137 به عنوان ارقام شاهد در نظر گرفته شدند. رقم RL4137 جزء ارقام گندم بهاره قرمز کانادایی و ارقام AUS1293، AUS1408 جزء ارقام گندم بهاره سفید استرالیایی محسوب می شوند.

در طی فصل رشد تاریخ خوشه دهی، تاریخ گلدهی و مرحله رشدی زادکس ۹۲ (مرحله ای از رشد بذر که دوره خواب آغاز می گردد) ثبت شد. همچنین در مرحله رشدی زادکس ۹۲ تعداد ۵۰ خوشه سالم از هر کرت انتخاب شد (۱۶). بلافاصله پس از برداشت رطوبت بذر اندازه گیری شد. در نهایت جهت متوقف کردن فرآیندهای متابولیکی دانه ها جهت حفظ و نگهداری خواب، خوشه های برداشت شده در داخل فریزر و در درجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  - نگهداری شدند (۹، ۱۴).

ژنوتیپ های اصلاح شده می دانند. مطالعات مختلف همبستگی مثبت و معنی داری را بین مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت و خواب اولیه بذر نشان می دهد (۱۳، ۱۲، ۶، ۳، ۱). هاگل (۱۹۹۵) بیان می کند که مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت عمدتاً نتیجه خواب بذر می باشد. خواب بذر نیز از لحاظ ژنتیکی و فیزیولوژیکی با رنگ قرمز پریکارپ پیوسته است. اخیراً این لینکاژ شکسته شده است و گندم زمستانه و بهاره سفید با سطح بالایی از مقاومت در استرالیا، ایالات متحده و کانادا شناسایی شده است (۷).

علاوه بر خواب بذر عوامل دیگری نیز در تحمل ژنوتیپ ها به جوانه زنی روی خوشه نقش دارند. میزان اسید ایزیک موجود در جنین، مقدار عدد فالینگ، ترکیبات شیمیایی دانه و اندامهای پوششی، غلظت هورمونها و آلبومین های بازدارنده، فعالیت آنزیم های هیدرولیتیک، ضخامت و ضریب نفوذپذیری دیواره سلولی و مورفولوژی بخشهای محافظتی سنبله از این جمله اند (۱). علاوه بر موارد فوق، عوامل محیطی از قبیل رطوبت، درجه حرارت و میزان بارندگی می توانند بر روی تحمل ارقام به جوانه زنی قبل از برداشت تاثیر بگذارند (۱).

آزمون عدد فالینگ<sup>۱</sup> یک روش استاندارد برای تعیین میزان فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز است. دانه ای که جوانه زده است عدد فالینگ چندین برابر پایین تری دارد چرا که سطوح بالای آلفا آمیلاز که توسط جوانه زنی ایجاد می شود به سرعت نشاسته ژلاتینه شده را طی آزمایش هیدرولیز می کند. روزبوم و همکاران (۱۹۹۹) همبستگی منفی و معنی داری ( $r = -0.73***$ ) را بین درصد جوانه زنی قبل از برداشت و عدد فالینگ گزارش کردند (۱۱). تروتان و همکاران (۱۹۹۵) نیز نشان دادند که سطوح عدد فالینگ به طور معنی داری با شاخص خواب و شاخص جوانه زنی روی خوشه همبستگی دارد که البته با شاخص خواب ( $r = -0.55**$ ) همبستگی قوی تری نسبت به جوانه زنی روی خوشه ( $r = -0.33***$ ) نشان داد (۱۴).

گزارشات متعددی نشان می دهد که مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت ممکن است در ارتباط با تاخیر در زمان خوشه

نهایت پس از اتمام کار دستگاه، عدد فالینگ در صفحه مانیتور دستگاه ظاهر می‌شود که واحد آن ثانیه می‌باشد.

- پس از جمع‌آوری داده‌ها بر روی تک تک صفات تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام پذیرفت. قبل از انجام تجزیه واریانس فرضیات مورد نیاز برای تجزیه واریانس (نرمال بودن توزیع داده‌ها، یکنواختی واریانس‌ها) بررسی گردیدند. مقایسات میانگین صفات با استفاده از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰/۰۱ صورت گرفت. در رابطه با آزمون دوره پس از رسیدگی، بین هفته‌های پس از رسیدگی و درصد جوانه‌زنی دانه‌ها معادله رگرسیونی برای هر یک از ژنوتیپ‌ها در هر تکرار برآزنده شد. ضرایب رگرسیون معادلات که پس از این تحت عنوان "ضرایب رگرسیون دوره پس از رسیدگی" مطرح می‌باشند، از معادلات رگرسیونی استخراج شدند و برای آنها تجزیه واریانس انجام شد. با توجه به تاثیر میزان رطوبت بذر در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بر صفات اندازه‌گیری شده، تجزیه کواریانس برای شناخت اثر احتمالی این صفت به عنوان یک عامل کمکی انجام شد. همچنین ضرایب همبستگی ساده بین تمامی صفات بدست آمد. از طرفی برای برآزش یک مدل رگرسیونی، رگرسیون گام به گام بر روی صفات نمره جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی صورت گرفت. به علاوه تجزیه علیت (مسیر) به منظور مطالعه روابط علت و معلولی انجام شد. از طرفی برای شناخت هر چه بهتر تاثیر رنگ گندمه (قرمز یا سفید) بر جوانه‌زنی روی خوشه و صفات وابسته به آن از آزمون t-استیودنت جهت مقایسه میانگین دو نمونه استفاده شد. همچنین برای طبقه‌بندی ارقام از تجزیه کلاستر (خوشه‌ای) استفاده شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس درصد رطوبت بذر اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۰/۰۱ نشان داد (جدول ۱). بنابراین میزان رطوبت بذر در مرحله رشدی زادکس ۹۲ در میان ارقام متفاوت می‌باشد و این احتمال وجود دارد که در مطالعه صفت جوانه‌زنی قبل از برداشت و خواب بذر تفاوت بین میانگین تیمارها علاوه

برای اندازه‌گیری جوانه‌زنی روی خوشه تعداد ۱۰ خوشه سالم از هر نمونه انتخاب شد و به مدت سه ساعت در داخل آب مقطر خیسانده شد. بعد از آن خوشه‌های خیسانده شده تحت شرایط رطوبتی ۱۰۰٪ در داخل ژرمیناتور (ساخت شرکت گروک ایران) قرار گرفت. طول دوره روشنایی و تاریکی به ترتیب ۱۶ و ۸ ساعت و درجه حرارت  $25^{\circ}\text{C}$  و  $15^{\circ}\text{C}$  تنظیم شد. پس از هفت روز خوشه‌ها از داخل ژرمیناتور خارج شد و جوانه‌زنی روی خوشه به دو روش نمره جوانه‌زنی که توسط کلارک (۱۹۹۴) و شاخص جوانه‌زنی که توسط هاگل (۱۹۹۵) پیشنهاد گردیده است اندازه‌گیری شد (۴،۷).

جهت آزمون خواب بذر ارقام تعداد ۵۰ بذر از هر نمونه (که با دست کوبیده شده بودند) در داخل یک پتريدش همراه با یک کاغذ صافی و شش میلی لیتر آب مقطر قرار داده شد. پتريدش‌ها در داخل ژرمیناتور در شرایط تاریکی و درجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند. بعد از این مدت تعداد بذور جوانه زده شمارش گردید و درصد خواب محاسبه شد. جهت برآورد اثر درجه حرارت بر خواب بذر آزمایش فوق مجدداً در درجه حرارت  $10^{\circ}\text{C}$  تکرار شد و داده‌های حاصل از جوانه‌زنی بذور در دو درجه حرارت  $20^{\circ}\text{C}$  و  $10^{\circ}\text{C}$  طبق فرمول ذیل جهت برآورد شاخص خواب مورد استفاده قرار گرفتند (۱۲).

$$\text{شاخص خواب} = \frac{[(DI10 \times 2) + (DI20)]}{3}$$

DI10 = درصد بذرهای خواب در  $10^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد

DI20 = درصد بذرهای خواب در  $20^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد

جهت ارزیابی دوره پس از رسیدگی، مقداری بذر (حداقل ۳۵۰ بذر) از داخل فریزر خارج شد و تحت شرایط اتاق نگهداری شدند و آزمون جوانه‌زنی بذور برای مدت شش هفته در  $20^{\circ}\text{C}$  و شرایط تاریکی انجام شد. اولین مرتبه آزمایش در اولین روز خروج بذور از فریزر انجام شد.

برای اندازه‌گیری عدد فالینگ ابتدا مقدار هفت گرم بذر توسط آسیاب 3100 mill آرد شد. سپس ۲۵ میلی‌گرم آب مقطر به آرد حاصل اضافه شد و لوله آزمایش چند بار به شدت تکان داده شد. سپس لوله آزمایش در دستگاه Falling number (Pertten Company, Sweden) 1500 قرار داده شد و در

شاهد بود. در مجموع تنوع نسبتاً مطلوبی بین ارقام به لحاظ نمره جوانه زنی مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج تجزیه همبستگی ساده صفات (جدول ۴) نشان می‌دهد که هیچ گونه همبستگی معنی داری بین نمره جوانه زنی و صفات فنولوژیکی (تاریخ خوشه دهی، تاریخ گلدهی، مرحله رشدی زادکس ۹۲) وجود ندارد. بنابراین مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت تحت تاثیر طول دوره رسیدگی نمی باشد. همچنین همبستگی ضعیف ولی معنی داری بین نمره جوانه زنی و خواب بذر در  $10^{\circ}\text{C}$  وجود دارد. این در حالی است که رابطه نسبتاً قوی تری بین نمره جوانه زنی با متغیر خواب در  $20^{\circ}\text{C}$  و شاخص خواب مشاهده شد که مشابه نتایج استراند (۱۹۸۰)، دتج (۱۹۸۸)، کلارک و همکاران (۱۹۹۴)، تروتان و همکاران (۱۹۹۵) و برنارد و همکاران (۱۹۹۸) می‌باشد (۳، ۴، ۶، ۱۲، ۱۴). نکته دیگر این که همبستگی منفی و بسیار معنی داری بین نمره جوانه زنی و ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی وجود دارد. ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی بیان کننده دوام خواب بذر می باشد، در حالی که شاخص خواب بیان کننده شدت خواب در مرحله رشدی زادکس ۹۲ می باشد.

بر اینکه تابع صفت مورد بررسی است، تحت تاثیر مقدار رطوبت بذر نیز باشد. نتایج تجزیه کواریانس در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان می دهد که متغیر رطوبت به عنوان کواریت در هیچ یک از موارد معنی دار نشده است و بنابراین هیچ گونه تأثیری در اریبی برآورد صفات مورد بررسی نداشته است. لذا هیچ گونه تصحیحی در داده های مربوط به آزمایش صورت نگرفت.

- نتایج تجزیه واریانس این متغیر تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۰/۰۱ نشان می دهد (جدول ۱). همچنین مقایسه میانگین برای نمره جوانه زنی نشان داد که ارقام شاهد موجود در آزمایش (RL4137, AUS1408, AUS1293) دارای بیشترین مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت می باشند. در میان ارقام ایرانی نیز ارقامی که نمره جوانه زنی پایینی داشتند مشاهده شد. ارقامی از قبیل نیک نژاد، پی تیک، پنجامو و گلستان اختلاف معنی داری با ارقام شاهد نشان ندادند. همان طور که مشاهده می شود اکثر ارقام ایرانی مانند سرخ تخم، زاگرس، اکوا، آرژانتین، یازلق، ورنر نمره جوانه زنی بالایی داشتند و حتی در میان ارقام مقاوم حداقل نمره جوانه زنی ارقام ایرانی بالاتر از حداقل نمره جوانه زنی ارقام

جدول ۱- تجزیه واریانس برای صفات اندازه گیری شده در ۳۰ رقم گندم نان

منبع تغییرات	درجه آزادی	نمره جوانه زنی	شاخص جوانه زنی	تاریخ خوشه دهی	مرحله رشدی زادکس ۹۲	میانگین مربعات صفات مورد بررسی		ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی				
						خواب بذر ( $10^{\circ}\text{C}$ )	خواب بذر ( $20^{\circ}\text{C}$ )					
بلوک	۲	۱۵/۳۴*	۸۷۴/۳**	۱/۷۳ <sup>NS</sup>	۴/۵۴*	۰/۶۷ <sup>NS</sup>	۴۶۰/۵۷ <sup>NS</sup>	۳۵/۷۳ <sup>NS</sup>	۱۸۴/۶ <sup>NS</sup>	۱۲۱/۲۱ <sup>NS</sup>	۸/۸۹ <sup>NS</sup>	۰/۳۲ <sup>NS</sup>
رقم	۲۹	۲۸/۷۱**	۱۹۵۴/۶**	۱۲۴/۳**	۸۱/۱**	۵۲**	۱۰۴۹/۶**	۲۹۴۴/۴**	۸۵۷/۸**	۳۵۹۸/۲**	۱۷/۳۹**	۷۳/۹۲**
خطا	۵۸	۳/۴۱	۱۲۷/۲۵	۱/۳۸	۱/۳۹	۱/۶۴	۱۵۲/۴۸	۱۳۷/۶۱	۷۴/۲۱	۷۹۹/۴۵	۶/۲۹	۳/۰۹
ضریب تغییرات (%CV)		۲۷/۶۲	۲۹/۳۲	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۶۱	۴۰/۸۵	۱۷/۱۶	۲۰/۰۴	۷/۶۲	۱۹/۰۵	۱۹/۴۹

\*, \*\*, \* به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و <sup>NS</sup> غیر معنی دار

جدول ۲- تجزیه کواریانس برای صفات اندازه گیری شده در ۳۰ رقم گندم نان

منبع تغییرات	درجه آزادی	نمره جوانه زنی	شاخص جوانه زنی	تاریخ گلدهی	مرحله رشدی زادکس ۹۲	میانگین مربعات صفات مورد بررسی		ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی
						خواب بذر ( $10^{\circ}\text{C}$ )	خواب بذر ( $20^{\circ}\text{C}$ )	
بلوک	۲	۱۴/۶ <sup>NS</sup>	۸۹۷/۴۸ <sup>xx</sup>	۳۵۲/۵۴ <sup>NS</sup>	۵۳/۱۳ <sup>NS</sup>	۱۲۹/۲۹ <sup>NS</sup>	۴۵۸/۸۳ <sup>NS</sup>	۰/۴۱ <sup>NS</sup>
رقم	۲۹	۲۷/۷۳ <sup>xx</sup>	۱۹۳۴/۵۹ <sup>xx</sup>	۱۰۵۲/۰۸ <sup>xx</sup>	۲۸۷۶/۱۷ <sup>xx</sup>	۸۶۴/۸۶ <sup>xx</sup>	۴۵۳۷/۰۲ <sup>xx</sup>	۷۳/۸۴ <sup>xx</sup>
کواریت (درصد رطوبت)	۱	۰/۱۷ <sup>NS</sup>	۱۰۵/۸۷ <sup>NS</sup>	۲۹۶/۵۶ <sup>NS</sup>	۹۱/۲۲ <sup>NS</sup>	۲۲۸/۴۶ <sup>NS</sup>	۶۱۲/۶۸ <sup>NS</sup>	۰/۶۶ <sup>NS</sup>
خطا	۵۷	۳/۴۷	۱۲۷/۶۳	۱۴۹/۹۵	۱۳۸/۴۳	۷۱/۵۰	۴۲۶/۶۴	۳/۱۴

\*, \*\* معنی دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۱ و <sup>NS</sup> غیر معنی دار

برای حذف اثرات غیر موثر یا کم تاثیر در مدل رگرسیونی بر روی صفت نمره جوانه زنی از رگرسیون گام به گام استفاده شد. ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی و صفات خواب بذر در  $20^{\circ}\text{C}$ ، خوشه دهی و عدد فالینگ به ترتیب وارد مدل شدند. ضریب تبیین مدل نهایی  $0/416$  می باشد (جدول ۵).

به منظور تبیین روابط علت و معلولی و نحوه تاثیر صفات انتخاب شده از طریق رگرسیون گام به گام بر روی نمره جوانه زنی، از تجزیه علیت بر اساس همبستگی های فنوتیپی استفاده شد که نتایج در جدول شش منعکس شده است. بالاترین اثر مستقیم مربوط به ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی ( $-0/95$ ) می باشد. در حقیقت این صفت که معیاری از طول دوره پس از رسیدگی یا دوام خواب می باشد، می تواند به عنوان مهمترین صفت جهت گزینش ارقام برای مقاومت به جوانه زنی روی خوشه مورد استفاده قرار گیرد. خواب بذر نیز اثر مستقیم و مثبتی ( $0/54$ ) بر روی نمره جوانه زنی داشت. صفات تاریخ خوشه دهی و عدد فالینگ نیز اثرات مستقیم منفی ولی کوچکتری از دو صفت قبلی بر روی نمره جوانه زنی داشتند. در مجموع می توان نتیجه گرفت که صفات طول دوره پس از رسیدگی (دوام خواب) و شدت خواب مهمترین صفاتی هستند که برای گزینش ارقام مقاوم به جوانه زنی قبل از برداشت می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

- نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی

داری را در سطح احتمال  $0/01$  برای صفت شاخص جوانه زنی نشان می دهد (جدول ۱). مقایسه میانگین شاخص جوانه زنی بر اساس روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال  $0/01$  انجام شد. مشابه نتایج حاصل از مقایسه میانگین نمره جوانه زنی، ارقام شاهد دارای پایین ترین شاخص جوانه زنی بودند. ارقام نیک نژاد، پی تیک، البرز، پنجامو، عطایی، گلستان و کاوه مقاومت خوبی به جوانه زنی روی خوشه داشتند. رقم آرژانتین نیز با اختلاف بسیار معنی داری از سایر ارقام دارای بیشترین شاخص جوانه زنی بود. تنوع ژنتیکی برای شاخص جوانه زنی نسبتاً مطلوب بود، که از تنوع موجود برای گزینش ارقام مقاوم به جوانه زنی قبل از برداشت می توان استفاده کرد (جدول ۳).

بنابراین نتایج آشکارا بیان کننده همبستگی معنی دار بین جوانه زنی روی خوشه با شدت و دوام خواب بذر می باشد. همبستگی منفی و معنی داری نیز بین عدد فالینگ و نمره جوانه زنی مشاهده می شود که مشابه نتایج تر توان و همکاران (۱۹۹۵)، امانو و همکاران (۱۹۹۸) و روزبوم و همکاران (۱۹۹۹) می باشد (۲، ۱۱، ۱۴).

جدول ۳- مقایسات میانگین نمره جوانه زنی و شاخص جوانه زنی ارقام گندم

شماره رقم	نام واریته	نمره جوانه زنی	شاخص جوانه زنی
۱	البرز	۴/۶۶ CH	۱۰ HK
۲	شیرودی	۸ AE	۴۴ BG
۳	کاوه	۶/۶۶ AF	۲۲/۶۶ FK
۴	زاگرس	۱۰ A	۷۰ BC
۵	اترک	۹/۳۳ AC	۳۷/۳۳ DH
۶	تجن	۶۶/۷ AF	۲۴ EJ
۷	رسول	۶/۳۳ AG	۵۱ BE
۸	خزرا	۷/۳۳ AF	۶۲ BE
۹	گلستان	۴/۳۳ DI	۱۸ GK
۱۰	هشترودی	۸/۳۳ AE	۴۱/۶۶ CG
۱۱	AUS1293	۳ FI	۶ JK
۱۲	AUS1408	I صفر	K صفر
۱۳	RL4137	I صفر	K صفر
۱۴	ورنر	۹/۶۶ AB	۵۹ BE
۱۵	آکوا	۱۰ A	۵۶/۶۶ BE
۱۶	عطایی	۵ BH	۱۳/۳۳ HK
۱۷	بولانی	۸ AE	۵۴ BE
۱۸	نیک نژاد	۱ HI	۲/۶۶ K
۱۹	یازلق	۹/۶۶ AB	۶۶/۶۶ BC
۲۰	مغان ۱	۹ AD	۳۶ DI
۲۱	کارون	۸/۶۶ AD	۶۰/۶۶ BE
۲۲	۴۸۲۰	۹/۳۳ AG	۵۰/۶۶ BF
۲۳	آزادی	۷ AF	۳۴/۶۶ EI
۲۴	سبلان	۵/۶۶ AG	۲۴/۶۶ EI
۲۵	پنجامو	۳/۶۶ EI	۱۰/۶۶ HK
۲۶	بیستون	۷/۶۶ AF	۳۴ EJ
۲۷	سرخ تخم	۱۰ A	۷۱/۳۳ B
۲۸	آرژانتین	۱۰ A	۱۰۰ A
۲۹	کرج ۳	۸/۶۶ AD	۶۴ BD
۳۰	پی تیک	۲ GI	۸ IK

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده صفات اندازه گیری شده در ۳۰ رقم گندم نان

<i>All</i>	<i>A10</i>	<i>A9</i>	<i>A8</i>	<i>A7</i>	<i>A6</i>	<i>A5</i>	<i>A4</i>	<i>A3</i>	<i>A2</i>	<i>A1</i>	
									۱	۰/۸۳**	<i>A1</i> نمره جوانه زنی
								۱	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	<i>A2</i> شاخص جوانه زنی
							۱	۰/۹۷**	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	<i>A3</i> تاریخ خوشه دهی
					۱	۰/۷۳**	۰/۷۴**	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۲۲*	<i>A4</i> تاریخ گلدهی
				۱	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۷**	۰/۲۲*	۰/۳۵**	<i>A5</i> مرحله رشدی زادکس ۹۲
			۱	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۵**	۰/۲۴*	۰/۲۴*	۰/۴۲**	۰/۳۵**	۰/۲۲*	<i>A6</i> درصد خواب بذر در ۱۰ °C
			۱	۰/۶۲**	۰/۸**	۰/۳۳**	۰/۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۴۶**	۰/۳۸**	۰/۳۵**	<i>A7</i> درصد خواب بذر در ۲۰ °C
		۱	۰/۳۸**	۰/۳۳**	۰/۲۴*	۰/۴۵**	۰/۳۳*	۰/۲۶*	۰/۳۱**	۰/۳۵**	<i>A8</i> شاخص خواب
	۱	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۱۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۵**	۰/۲۵**	۰/۲۸**	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	<i>A9</i> عدد فالینگ
	۱	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۸**	۰/۶۱**	۰/۹۲**	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۶**	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۳**	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	<i>A10</i> درصد رطوبت
۱	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۳۸**	۰/۶۱**	۰/۹۲**	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۶**	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۳**	۰/۱۸ <sup>ns</sup>	<i>All</i> ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی

ns غیر معنی دار \*، \*\* به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۵- نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون گام به گام برای متغیر وابسته نمره جوانه زنی

متغیر	ضریب رگرسیون	اشتباه استاندارد	مجموع مربعات	F	سطح احتمال
<i>(x1)</i> خوشه دهی	-۰/۱۱۵۷	۰/۰۴۹۲	۴۰/۲۳۷۱	۵/۵۲	۰/۰۲۱۱
<i>(x2)</i> خواب بذر در ۲۰ °C	۰/۰۵۷۷	۰/۰۲۳۸	۴۲/۶۸۲۴	۵/۸۶	۰/۰۱۷۶
<i>(x3)</i> عدد فالینگ	-۰/۰۱۸۸	۰/۰۰۷۶	۴۴/۳۳۵۵	۶/۰۸	۰/۰۱۵۶
<i>(x4)</i> ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	-۰/۰۶۴۳۱	۰/۱۵۲۰	۱۳۰/۴۰۴۰	۱۷/۸۹	۰/۰۰۰۱

مدل  $R^2 = ۰/۴۱۶۴$  عرض از مبدأ = ۳۳/۹۰۸۶

تجزیه رگرسیون گام به گام در حالتی که متغیر وابسته شاخص جوانه زنی است انجام شد و ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی، درصد خواب بذر در ۱۰ °C و درصد خواب بذر در ۲۰ °C به ترتیب وارد مدل شدند. ضریب تبیین مدل نهایی ۰/۳۶ می باشد. بنابراین سه صفت وارد شده به مدل تقریباً ۳۶ درصد از تغییرات مدل را توجیه می کنند (جدول ۷).

همچنین نتایج تجزیه علیت برای شاخص جوانه زنی در جدول ۸ آمده است. مشابه تجزیه علیت برای نمره جوانه زنی، بالاترین اثر مستقیم مربوط به ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی (-۰/۸۷) می باشد. همچنین خواب بذر در ۱۰ °C اثر مستقیم منفی (-۰/۲۱) بر روی شاخص جوانه زنی داشت. این در حالی بود که درصد خواب بذر در ۲۰ °C اثر مستقیم مثبتی (۰/۳۹) بر روی متغیر شاخص جوانه زنی داشت. در مجموع از تجزیه علیت و تجزیه رگرسیون گام به گام می توان نتیجه گرفت که از میان صفات مطالعه شده، طول دوره پس از رسیدگی و شدت خواب به ترتیب بیشترین تاثیر را بر روی متغیر شاخص جوانه زنی داشته و می توانند در گرینش ارقام مقاوم به جوانه زنی قبل از برداشت مورد استفاده قرار گیرند.

نتایج همبستگی در جدول ۴ آمده است. ضرایب همبستگی بین شاخص جوانه زنی با صفات تاریخ خوشه دهی، تاریخ گلدهی و مرحله رشدی زادکس ۹۲ غیر معنی دار است، که با نتایج تحقیقات هاگل (۱۹۹۵)، مک کیگ و دپائو (۱۹۹۱) و دررا و همکاران (۱۹۷۷) متفاوت می باشد (۵، ۱۰، ۷). بعضی از محققین پیشنهاد می کنند که ارقام دیررس، مقاومت بیشتری به جوانه زنی قبل از برداشت از خود نشان می دهند. همبستگی های منفی و معنی داری نیز بین شاخص جوانه زنی با درصد خواب بذر در ۱۰ °C و ۲۰ °C، شاخص خواب و ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی وجود دارد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که شدت و دوام خواب بذر دو صفت مهم مرتبط با جوانه زنی روی خوشه می باشند. البته با توجه به ضرایب همبستگی، می توان طول دوره پس از رسیدگی (دوام خواب) را نسبت به شدت خواب یک صفت موثرتر در مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت دانست. همبستگی منفی و معنی داری نیز بین شاخص جوانه زنی و عدد فالینگ وجود دارد که موافق نتایج امانو و همکاران (۱۹۹۸) و روزبوم و همکاران (۱۹۹۹) می باشد (۱، ۲).

جدول ۶- نتایج حاصل از تجزیه علیت و اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات اندازه گیری شده بر نمره جوانه زنی

صفت اندازه گیری شده	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			همبستگی کل با نمره جوانه زنی
		تاریخ خوشه دهی خواب بذر (۲۰°C)	عدد فالینگ	ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	
تاریخ خوشه دهی	-۰/۲۰۲	۰/۱۳۱	۰/۰۵۶	۰/۱۱۴	-۰/۱۶
خواب بذر (۲۰°C)	۰/۵۴۳	۰/۰۴۸	-۰/۰۷۳	-۰/۸۷	-۰/۳۵
عدد فالینگ	-۰/۲۱۹	۰/۰۵۲	۰/۱۷۹	-۰/۳۶۴	-۰/۳۵
ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	-۰/۹۵	۰/۰۲۴	۰/۴۹۳	-۰/۰۸۴	-۰/۵۲

اثر باقیمانده: ۰/۷۶۴

جدول ۷- نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون گام به گام برای متغیر وابسته شاخص جوانه زنی

متغیر	ضریب رگرسیون	اشتباه استاندارد	مجموع مربعات	F	سطح احتمال
(x1) خواب بذر در ۱۰°C	-۰/۲۷۹۵	۰/۱۱۰۷	۳۱۰۵/۱۴۸۹	۶/۳۸	۰/۱۳۴
(x2) خواب بذر در ۲۰°C	۰/۳۴۸۲	۰/۱۸۲۷	۱۷۶۷/۹۴۹۹	۳/۶۳	۰/۰۶
(x3) ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	-۴/۷۷۰۹	۱/۱۶۱۱	۸۲۱۹/۲۰۷۲	۱۶/۸۸	۰/۰۰۰۱

عرض از مبدأ = ۶۶/۱۹۹۰  $R^2 = ۰/۳۶۳۸$  مدل

جدول ۸- نتایج حاصل از تجزیه علیت و اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات اندازه گیری شده بر شاخص جوانه زنی

صفت اندازه گیری شده	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق		همبستگی کل با نمره جوانه زنی
		ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	خواب بذر (۲۰°C)	
ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	-۰/۸۷۶	۰/۰۱۸	-۰/۳۶۲	-۰/۵۳
خواب بذر (۱۰°C)	-۰/۲۱۷	-۰/۰۷	۰/۰۱۵	-۰/۲۷
خواب بذر (۲۰°C)	۰/۳۹۴	-۰/۰۰۹	۰/۰۱۵	-۰/۴۲

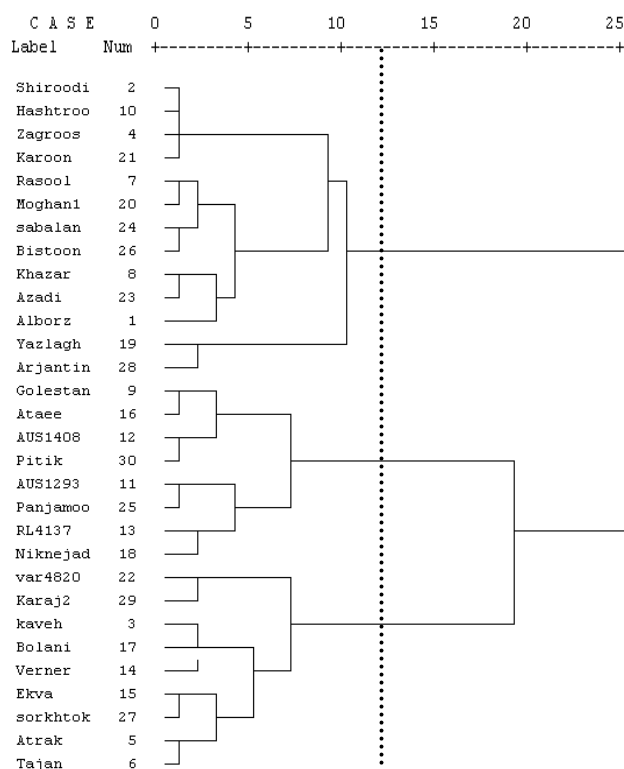
اثر باقیمانده: ۰/۸۰۱

جدول ۹- نتایج آزمون t استیودنت برای ارزیابی اثر رنگ بذر در مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت و صفات مرتبط با آن در میان ارقام گندم نان

در این مطالعه جهت شناخت بیشتر رابطه بین این صفت با صفت جوانه زنی قبل از برداشت و صفات مرتبط با آن از آزمون t- استیودنت جهت مقایسه میانگین دو کلاس رنگ دانه گندم (قرمز و سفید) استفاده شد. نتایج در جدول ۹ ارائه شده است. مشاهده می شود که صفات خواب بذر در ۲۰°C، عدد فالینگ و ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی تفاوت معنی داری را بین دو کلاس رنگ گندم نشان می دهند و سایر صفات تحت تاثیر رنگ گندم نمی باشند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که ارقام دانه قرمز الزاما مقاوم به جوانه زنی قبل از برداشت نیستند ولی می توانند با داشتن خواب بذر

صفات	t	df	Prob> t
نمره جوانه زنی	-۱/۲۳۷۴	۸۸	۰/۲۱۹۲
شاخص جوانه زنی	-۰/۶۷۶۸	۸۸	۰/۵۰۰۳
تاریخ خوشه دهی	-۰/۳۴۵۹	۸۸	۰/۷۳۰۲
تاریخ گلدهی	۰/۲۲۸۸	۸۸	۰/۸۱۹۵
مرحله رشدی زادکس ۹۲	-۱/۷۹۵۵	۸۸	۰/۸۱۹۵
درصد خواب بذر در ۱۰°C	۰/۳۸۲۸	۸۸	۰/۷۰۲۸
درصد خواب بذر در ۲۰°C	۲/۷۰۷۸xx	۸۸	۰/۰۰۸۱
شاخص خواب	۱/۷۹۸۱	۸۸	۰/۰۷۵۶
عدد فالینگ	۴/۰۵۵۱xx	۸۸	۰/۰۰۰۱
درصد رطوبت	۱/۴۸۹۰	۸۸	۰/۱۴۰۱
ضریب رگرسیون دوره پس از رسیدگی	۲/۰۵۷۴x	۸۸	۰/۰۴۲۶

ساخت که علاوه بر ارقام شاهد، ارقامی از قبیل نیک نژاد، پنجامو، پی تیک و گلستان وجود دارند که مقاومت بسیاری بالایی به جوانه زنی قبل از برداشت نشان دادند که در صورت دارا بودن فاکتورهای زراعی دیگر می توانند برای کشت در مناطق مرطوب استفاده شوند.



شکل ۱- دندروگرام مربوط به تجزیه کلاستر ارقام گندم نان

مطالعه همبستگی و تجزیه مسیر(علیت) نیز نشان داد که صفات طول دوره پس از رسیدگی، خواب بذر و عدد فالینگ مهمترین صفات مرتبط با صفت جوانه زنی روی خوشه می باشند که با افزایش هر کدام از متغیرها، مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت افزایش پیدا می کند.

### سپاسگزاری

این پژوهش مستخرج از طرح "ارزیابی مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت در گندم نان" به شماره ۱۷۱۵/۳/۶۹۷ می باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شده است.

بیشتر و طول دوره پس از رسیدگی طولانی تر و عدد فالینگ بالا(فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز پایین تر) بعضی از فاکتورهای موثر درمقاومت را داشته باشند. این نتایج مشابه نتایجی است که هاگل(۱۹۹۵) بدست آورد (۷).

( ) - برای طبقه بندی ارقام به

لحاظ صفات مورد مطالعه تجزیه کلاستر یا خوشه ای بر روی نمره استاندارد (Z) داده ها و توسط روش وارد<sup>۱</sup> انجام شد. شکل یک دندروگرام مربوط به تجزیه خوشه ای ۳۰ رقم گندم نان را نشان می دهد. در نتیجه این تجزیه تعداد سه کلاستر تعیین گردید. در یک گروه ارقام عطایی، گلستان، پنجامو، پی تیک و نیک نژاد به همراه ارقام شاهد قرار داشتند. ارقام فوق به لحاظ مقاومت بالا به جوانه زنی قبل از برداشت در نتیجه گیری های قبلی نیز تایید شده اند. در کلاستر دیگر ارقامی از قبیل بولانی، اکوا، سرخ تخم، ورنر مشاهده می شود که مشابه با نتایج بدست آمده قبلی دارای ضعیف ترین مقاومت به جوانه زنی روی خوشه و خواب بذر بودند و به لحاظ منطقی نیز می توان آنها را در یک گروه قرار داد. در کلاستر بعدی ارقامی مشاهده می شوند که اکثرا دارای وضعیت حدواسطی می باشند. در مجموع نتایج بدست آمده از تجزیه خوشه ای را می توان تا حدی زیادی منطبق با نتایج قبلی دانست.

نتایج نهایی نشان می دهد که نمره جوانه زنی در مقایسه با شاخص جوانه زنی قدرت کمتری برای متمایز ساختن و بررسی تفاوت میان ارقام دارد. همچنین روش نمره جوانه زنی دقت بالایی برای اندازه گیری جوانه زنی روی خوشه ندارد. اما با توجه به اینکه روش کار ساده است، برای غربال کردن نمونه ها وقتی که تعداد آنها زیاد می باشد، می تواند موثر باشد.

همچنین تنوع ژنتیکی نسبتا مطلوبی بین ارقام گندم نان ایرانی به لحاظ مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت و صفات مرتبط با آن وجود دارد که بنابراین اصلاح برای مقاومت به جوانه زنی قبل از برداشت را از طریق انتخاب در میان ارقام زراعی مطلوب امکان پذیر می سازد. همچنین نتایج آشکار



## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. نوری نیا، ع. ۱۳۸۱. جوانه زنی پیش از برداشت، تحقیقات گذشته و نیازهای آینده. هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۵.
2. Amano, Y., T. Fukasa, & K. Noda. 1998. Pre-harvest sprouting of wheats in Japan. 8<sup>th</sup> Int. Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals. 1-8.
3. Barnard, A., J.L. Purchase, M.F. Smith, & D. Van Lill. 1998. Multivariate analysis of factors affecting pre-harvest sprouting of winter wheat cultivars in south Africa. 8<sup>th</sup> Int. Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals. 15-25
4. Clark, J.M., R.M. Depauw, J. Grant Mcleod, & T.N. McCaig. 1994. Variation for pre-harvest sprouting resistance in durum wheat. Crop Sci. Vol.(34): 1632-1635.
5. Derera, N.F. G.M. Bhatt, & G.J. McMaster. 1977. On the problem of pre-harvest sprouting of wheat. Euphytica. Vol.(26): 299-308.
6. Detje, D. 1992. Effects of varying nitrogen rates on pre-harvest sprouting and  $\alpha$ -amylase activity in cereals. Institute of Crop Science and Plant Breeding. 38-45.
7. Hucl, p. 1995. Divergent selection for sproutnig resistance in spring wheat. Plant Breed. Vol.(114): 199-204.
8. Mares, D.J. 1993. Genetic studies of sprouting tolerance in red and white wheats. 6<sup>th</sup> Int. Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals. 9-21.
9. Mars, D.J. 1983. Preservation of dormancy in freshly harvest wheat grains. Aust. J. Agric. Res. Vol.(34): 33-38.
10. McCaig, T.N. & L.M. Depauw. 1992. Breeding for pre-harvest sprouting tolerance in white-seed-coat spring wheat. Crop Sci. Vol.(32): 19-23.
11. Roozeboom, K.L., P.J. McClaskey, J.P. Shroyer, & G.M. Paulsen. 1999. Pre-harvest sprouting of hard red and hard white wheats in Kansas. Kansas State University Agriculture Experiments Station and Cooperative Extension Service. 124.
12. Strand, E. 1980. A seed dormancy index for selection of cultivars of cereals resistance to pre-harvest sprouting. Cereal Res. Comm. Vol.(8): 219-223.
13. Takahashi, N. 1980. Effects of environmental factors during seed formation on pre-harvest sprouting. Cereal Res. Comm. Vol.(8): 175-183.
14. Trethowan, R.M. 1995. Evaluation and selection of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) for pre-harvest sprouting tolerance. Aust. J. Agric. Res. Vol.(46):463-474.
15. Wahl, T.I., & A. Desmond O'Rourke. 1993. The economics of sprout damage in wheat. 6<sup>th</sup> Int. Symp. on Pre-harvest Sprouting in Cereals. 10-17.
16. Zadoks, J.C., T.T. Chang, & C.F. Kanzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. Vol.(14): 415-421.

**Pre-harvest Sprouting Resistance and Study Of  
Correlation and Path Analysis of Seed Characteristics  
with Pre-Harvest Sprouting Resistance  
in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.)**

**J. ETEZADIJAM<sup>1</sup>, R. TAVAKKOL AFSHARI<sup>2</sup>, B. YAZDI-SAMADI<sup>3</sup>,  
AND A. H. HOSEINZADEH<sup>4</sup>**

**1, 2, 3, 4, Former Graduate Student, Assistant Professor, Professor and  
Associate Professor, University College of Agriculture & Natural Sciences  
(UCAN), University of Tehran, Karaj, Iran**

**Accepted. Sep. 29, 2004**

**SUMMARY**

To study pre-harvest sprouting resistance, 30 bread wheat cultivars were planted in a randomized complete block design (RCBD) with three replications at the Research Farm of University of Tehran in Karaj in 2000. Days to 50% heading, days to 50% anthesis and Zadoks Growth Stage 92 (ZGS92) were recorded. Spikes were harvested at ZGS92, and grain moisture content measured for all cultivars. Cultivars were evaluated for sprouting resistance by two screening methods, namely, sprouting score and sprouting index. Likewise, seed dormancy, length of after-ripening and falling number were studied under laboratory conditions. Significant genetic variations were detected for all measurements among cultivars. The results of screening methods indicated that most Iranian bread cultivars have low resistance to pre-harvest sprouting. Correlation analysis revealed negative significant correlation between pre-harvest sprouting, seed dormancy and falling number. Also there was a positive significant correlation observed between seed dormancy and falling number. The study of correlation indicated that after-ripening was in most correlation with sprouting score as well as with sprouting index. Cluster analysis indicated that there existed a favorable diversity among cultivars.

**Key words:** Pre-harvest sprouting, Seed dormancy, After ripening, Falling number,  
Bread wheat