دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
دوره پنجم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۴ (۱۷۵-۱۵۹)

توزیع جغرافیایی ژن‌های بهاره‌سازی در ارقام و لاین‌های گندم ایران

سید حمیدرضا رمضانی[۱]، محسن ابراهیمی[۲*]، حبیب‌اله قزوینی[۳]، محمدرضا جلال کمالی[۴] و علی ایزدی دربندی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، ۳- دانشیار بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، ۴- محقق ارشد برنامه جهانی اصلاح گندم و نماینده مرکز تحقیقات بین المللی ذرت و گندم (CIMMYT)

(تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۹- تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۴)

چکیده

توانایی ارقام گندم در واکنش به تنش سرما که به وسیله فرایند سازگاری به محیط مانند نیاز به بهاره‌سازی و واکنش به طول روز کنترل می‌شود، از عواملی است که می‌تواند موفقیت کشت گندم را در این مناطق تضمین نماید. از این‌رو، اطلاع از توزیع اکو- جغرافیایی ژن‌های دخیل در بهاره سازی از ضروریات یک برنامه اصلاحی مدرن است. در این تحقیق، ۱۰۴ لاین و رقم گندم نان ایران از نظر این ژن‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. از آغازگرهای اختصاصی مبتنی بر واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز (STS-PCR) برای شناسایی آلل‌های موثر در این صفت در مکان‌های ژنی *Vrn-A1*، *Vrn-B1*، *Vrn-D1* استفاده و برای هر منطقه، لایه‌های اطلاعاتی پراکندگی آلل‌ها با استفاده از نرم‌افزار GIS Map تهیه شد. نتایج نشان داد که تیپ بهاره، ۶۵/۵ درصد از کل ارقام را شامل می‌شود که این میزان بسته به میزان سرما در مناطق مختلف متغیر بود. تنوع تیپ رشدی این ارقام در بین اقلیم‌های مختلف ایران وابسته به سرمای زمستان بود. تیپ بهاره غالباً سازگار با اقلیم‌های گرم جنوب و معتدل بود، یعنی مناطقی که متوسط دمای دی‌ماه آنها بالای چهار درجه سلسیوس است. در مقابل، تیپ زمستانه سازگار با اقلیم سرد بود، یعنی مناطقی که متوسط دمای دی‌ماه آنها بین منهای هفت تا چهار درجه سلسیوس در نوسان است. با تعیین ژنوتیپ ارقام بر اساس این صفات مرتبط با سازگاری و اطلاع از توزیع جغرافیایی آنها، به‌نژادگران قادر خواهند بود تا نسل‌های در حال تفکیک را به سمت ژنوتیپ‌های با قابلیت سازگاری بهتر سوق دهند.

واژه‌های کلیدی: تیپ بهاره، تیپ زمستانه، سازگاری، سرما، نرم‌افزار GIS Map

* نویسنده مسئول: mebrahimi@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گندم به طور وسیعی در ایران کشت می‌شود و در ارتفاع کمتر از ۱۵۰ تا بیشتر از ۴۰۰۰ متری یافت می شود. در مناطق دارای متوسط بارندگی سالانه ۲۰ تا ۹۰۰ میلیمتر و میانگین دمای ۸ تا ۱۷ درجه سانتی‌گراد طی فصل رشد کشت می شود. مناطق کشت گندم آبی ایران از نظر آب و هوایی به‌ویژه درجه حرارت و تیپ رشد، به ۴ بزرگ اقلیم تقسیم بندی شده است: ۱) اقلیم گرم و مرطوب سواحل دریای خزر (Zone I) ۲) اقلیم گرم و خشک جنوب (Zone II) ۳) اقلیم معتدل (Zone III) و ۴) اقلیم سرد (Zone IV) (Jalal Kamali *et al.*, 2012).

تنظیم مناسب فازهای رشدی و تکاملی گندم در محیط رشد، به نحوی که بتوانند از یک سو از حداکثر پتانسیل موجود در محیط استفاده نمایند و از سوی دیگر از گزند شرایط نامساعد محیطی، مانند سرما و دیررسی در امان بمانند، می تواند به عنوان یکی از راههای افزایش تولید در واحد سطح و کاهش خسارتهای ناشی از عدم هماهنگی فازهای رشدی و نموی با شرایط محیطی در نظر گرفته شود (Richards, 1996). پیشرفت‌های علمی در خصوص صفات مرتبط با سازگاری ارقام، نوید بخش آن است که در آینده سازوکارهای موثر و تعیین کننده سازگاری خصوصی یک رقم به یک منطقه جغرافیایی خاص و یا سازگاری عمومی نسبت به مناطق وسیع قابل تشخیص باشند و به‌نژادگران هنگام معرفی یک رقم جدید صرفاً به تعیین سازگاری عمومی و خصوصی آن اکتفا نکنند، بلکه خصوصیات فیزیوژیک مرتبط با سازگاری آن را دخیل نمایند. ایران در بین تولیدکنندگان مناطق خشک و نیمه خشک خاور میانه و شمال آفریقا بزرگترین تولید کننده گندم است. ژرم پلاسم گندم ایران از آزمایش‌های ملی و معرفی ارقام حاصل از برنامه‌های اصلاحی جهانی CYMMYT و ICARDA می‌باشند. برای دهه‌های متعدد، برنامه اصلاحی ایران بر تولید ارقام جدید که قادر به رشد در شرایط اقلیمی ویژه مانند رطوبت در مرحله زایشی، دمای بالا طی دوره زایشی (تنش آخر فصل)، دمای متوسط طی فصل رشد و قابلیت مقاومت به یخبندان در مراحل ابتدایی رشد بوده‌اند، متمرکز بوده است. اطلاع از نحوه رشد ارقام در ایران در حال حاضر محدود به گلدهی در کشت بهاره است (Mohammadi *et al.*, 2012).

ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2008) توزیع آللی را در واریته‌های بهاره و زمستانه اصلاح شده چین بررسی نمودند. سان و همکاران (Sun *et al.*, 2009) فراوانی و توزیع جغرافیایی ژن‌های مربوط به بهاره سازی را در ۵۵۱ رقم گندم نان چینی بررسی و اثر آنها را روی رفتار رشدی ارقام مطالعه کردند. آنها مشاهده نمودند که ۷ ترکیب آللی سه ژن *Vrn-1* برای رفتار بهاره، سه ترکیب برای رفتار بینابین و یک ترکیب برای رفتار زمستانه ارقام تاثیرگذار بودند. ایواکی و همکاران (Iwaki *et al.*, 2000) تنوع جغرافیایی ژنوتیپ‌های *Vrn* و عادات رشدی توده‌های بومی گندم شرق آسیا (چین، کره و ژاپن) را مورد مطالعه قرار دادند. آنها مشاهده نمودند که تیپ بهاره ۴۳/۶ درصد از کل ارقام را تشکیل داد که بسته به میزان سرما در مناطق مختلف این میزان متغیر بود. تیپ بهاره عمدتاً سازگار با مناطقی بود که گندم، جهت جلوگیری از سرمازدگی در بهار کشت می‌شد و یا دمای زمستان آنقدر پایین نبود که جهت بهاره سازی گندم‌های زمستانه کافی باشد. ژنوتیپ‌های حامل ژن *Vrn-A1* به همراه ژن‌های غالب دیگر، سازگار با کشت بهاره بودند که گندم‌های شمال چین را از خطر سرمای زمستان حفظ می‌کردند، در حالی که ژنوتیپ‌های حامل فقط ژن *Vrn-D1* سازگار با مناطق جنوب چین و جنوب غربی ژاپن بودند و سازگار با زمستان بودند. استلماخ (Stelmakh, 1998) توزیع جغرافیایی ژن‌های *Vrn* را در واریته‌های اصلاحی و توده‌های محلی گندم دنیا بررسی و مشاهده کرد که ژن *Vrn-D1* که در حال حاضر در ارقام جدید گندم وجود دارد، مربوط به قسمت‌هایی از استوا است. مسیر اصلی جابجایی این ژن از یک توده بومی ژاپنی (Akakomugi) به واریته‌های ایتالیایی و سپس به واریته‌های پاکوتاه مکزیکی بوده و توزیع جهانی یافته است. ایواکی و همکاران (Iwaki *et al.*, 2000) با بررسی توزیع جغرافیایی ۷۴۹ توده بومی از سراسر دنیا، مشاهده کردند که ۴۹/۹ درصد از توده‌ها دارای تیپ بهاره بودند. تیپ بهاره در مناطقی که دارای دمای ژانویه زیر ۷- یا بالای ۴ درجه سانتی‌گراد بودند، مشاهده شد، اما تیپ زمستانه در مناطقی که دارای دمای ۷- تا ۴ درجه سلسیوس بودند، وجود داشت. این نتایج نشانگر آن است که تنوع

Archive of SID

www.SID.ir

جغرافیایی عادات رشدی مستقیماً وابسته به میزان سرمای زمستان است.

آمار بلند مدت نشان می‌دهد که کاهش ناگهانی دمای هوا به ویژه در اواخر زمستان و یا اوایل بهار باعث خسارت به زراعت گندم و جو در اکثر مناطق سرد و حتی سرد معتدل کشور می‌شود (Mahfoozi and Sasani, 2008). در سال‌های اخیر در گزارش‌های زیادی به موشکافی بیشتر وضعیت ژنوتیپ‌های مورد بررسی پرداخته و تلاش شده است تا علت شکل‌گیری نوعی از سازگاری با مراجعه به خصوصیات زراعی و یا فیزیولوژیک ژرم پلاسم مشخص شود. عکس‌العمل نسبت به طول روز (فتوپریود)، نیاز بهاره‌سازی (نیاز سرمایی) و مقاومت به سرما و زودرسی از جمله این صفات هستند و به نظر می‌رسد عوامل اصلی تعیین کننده سازگاری‌های عمومی و خصوصی ارقام زراعی باشند (Najafian and Jalal Kamali, 2012). طول روز در اثر متقابل با دما به عنوان تنظیم کننده اصلی محیطی صفات تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی محسوب می‌شود و از طرف گیاه ژن‌های زودرسی ذاتی (Earliness *per se*) به این مجموعه اضافه می‌شود. نیاز به بهاره‌سازی از عوامل ژنتیکی در گیاه است که پاسخگوی دمای محیط می‌باشد و توسط مجموعه ژنی جداگانه‌ای کنترل می‌شود.

توزیع مکانی این ژن‌های سازگاری در نقاط مختلف براساس نرم افزارهای مختلف قابل بررسی و نمایش می باشد. یکی از این نرم‌افزارها، سیستم اطلاعات جغرافیایی یا GIS (Geographic Information System) است. GIS ابزاری است که قادر به گردآوری داده‌های فضایی در مقیاس‌های مختلف و بازه‌های زمانی متفاوت با شکل‌های گوناگون است (Pierce and Clay, 2007). بر اساس داده‌های مکانی حاصل از GIS در یک منطقه کشاورزی، ممکن است یک لایه نشان دهنده مرزهای یک قطعه زمین، لایه دوم نوع خاک، لایه دیگر عملکرد محصول، لایه بعدی آبیاری و لایه بعدی ژن‌های سازگاری ارقام باشد. این نرم‌افزار می‌تواند نشان دهد که چگونه روابط بین نوع خاک، کود و آب بر بازده محصول در هر هکتار مربع از زمین تاثیر می‌گذارد. نقشه‌ای که چگونگی تاثیر تنوع خاک را بر بازده محصول به تصویر می‌کشد، راه حل‌های دقیقی را برای مدیریت خاک نشان خواهد داد (Star and Estes, 1996).

مطالعه حاضر درصدد است تنوع ژنتیکی و آللی موجود در هر یک از مناطق کشور را برای صفت بهاره‌سازی بررسی و مشخص کند. شناخت خصوصیات ژنتیکی و تعیین ترکیب‌های آللی مکان‌های ژنی دخیل در نیاز سرمایی می‌تواند پاسخگوی اختلاف عملکردی و تفاوت در سازگاری ارقام مختلف کشت شده در یک منطقه باشد. تعیین ژنوتیپ ارقام بر اساس صفات مرتبط با سازگاری و اطلاع از توزیع جغرافیایی آنها، به‌نژادگران را قادر می‌سازد تا نسل‌های در حال تفکیک را به سمت ژنوتیپ‌های با قابلیت سازگاری بهتر سوق دهند. بنابراین، هدف از این تحقیق، مطالعه تنوع آللی و جغرافیایی ژن‌های بهاره‌سازی (*Vrn*) (شامل آل‌های *Vrn-A1a*، *Vrn-A1b* و *Vrn-A1c* از مکان ژنی *Vrn-A1*، *Vrn-B1* و *Vrn-D1*) در ارقام و لاین‌های اصلاح شده گندم ایران با استفاده از توزیع پراکندگی کشت ارقام غالب هر منطقه بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این تحقیق ۱۰۴ رقم و لاین امیدبخش گندم‌های اصلاح شده ایران حاصل از آزمایش‌های ملی و برنامه‌های اصلاح جهانی CIMMYT است. تنوع آللی مکان‌های ژنی مربوط به بهاره‌سازی (*Vrn*) در تمامی این ارقام و لاین‌ها مورد بررسی قرار گرفت. جهت اعمال تیمار بهاره‌سازی، ابتدا بذرها توسط هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت چهار دقیقه سترون و سپس توسط آب مقطر سترون شسته شدند و روی کاغذ صافی در پتری‌دیش‌های ۱۰ سانتی‌متری قرار گرفتند. هفته‌ای دو بار آب‌پاشی با آب سترون توسط اسپری انجام شد تا رطوبت بذرها در حد ۵۰ درصد وزن خشک حفظ شود. جهت اعمال بهاره‌سازی، پتری‌دیش‌ها به مدت ۶۰ روز در دمای ۴-۲ درجه سلسیوس و در شرایط تاریکی در یخچال نگهداری شدند (Streck *et al.*, 2003). بعد از بهاره‌سازی، گیاهچه‌های دارای رشد طولی یکسان به مزرعه منتقل شدند (Van Beem *et al.*, 2005).

کشت در مزرعه به صورت کشت هیرم سطحی روی پشته‌های ۱۸-۱۵ سانتی‌متری انجام شد و بلافاصله آبیاری جهت جلوگیری از تبخیر و خشک‌شدن گیاهچه‌ها انجام گرفت. تاریخ کاشت بر اساس روش ارزیابی مزرعه‌ای هرندل و همکاران (Herndl *et al.*, 2008) در ۱۶ فروردین و ۱۶ اردیبهشت بود. بنابراین انتظار بر این بود

Archive of SID

www.SID.ir

که تاریخ کشت اول برای اعمال تیمار طول روز و تاریخ کشت دوم کمترین اثر را در طول روز داشته باشد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. تاریخ کشت به عنوان کرت اصلی، بهاره‌سازی به عنوان کرت فرعی و ارقام در کرت‌های فرعی فرعی کشت شدند. بذرها در یک ردیف یک و نیم متری با ۵۰ بوته کشت و شرایط مطلوب در تمامی مراحل کاشت، داشت و برداشت ایجاد شد. به منظور تعیین کمیت واکنش گیاهان به بهاره‌سازی و طول روز، صفات تعداد روز تا پایان ظهور سنبله، تعداد نهایی برگ در ساقه اصلی (FLN)، طول سنبله و تیپ گیاه در مرحله دانهالی (از ۱ یعنی خوابیده کامل تا ۵ عمود کامل) ثبت شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS تجزیه شدند و مقایسه میانگین با آزمون چند متغیره دانکن انجام شد.

DNA با روش CTAB (Doyle and Doyle, 1987) از گیاهچه‌های جوان در مرحله ۳ تا ۴ برگی استخراج شد. سپس توسط آغازگرهای اختصاصی مبتنی بر واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (STS-PCR) تکثیر شد. الکتروفورز محصول PCR از طریق ژل آگارز انجام شده و باندهای مربوطه توسط اتیدیوم بروماید آشکار و سپس براساس حضور و عدم حضور باند ارزش‌گذاری شدند. در مرحله اول بر اساس تحلیل محل قرارگیری پروموتور ژن *Vrn-A1*، آلل‌های *Vrn-A1a*، *Vrn-A1b* و *vrn-A1* شناسایی شد (Yan *et al.*, 2004). در مرحله بعد، آلل‌های *Vrn-A1c*، *Vrn-B1* و *Vrn-D1* تعیین شد (Fu *et al.*, 2005). قسمتی از کار آزمایشگاهی در مرکز تحقیقات بین‌المللی گندم و ذرت (CIMMYT) انجام گرفت. نشانگرهای مورد استفاده بر اساس بررسی منابع به شرح جدول ۱ بود (Beales *et al.*, 2007; Fu *et al.*, 2005).

برای مطالعه تنوع و توزیع اکولوژیکی این ژن‌ها در سطح ایران، بر اساس آخرین جدول‌های کشت این ارقام مربوط به سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸) و تعیین ارقام غالب هر منطقه، لایه‌های اطلاعاتی پراکندگی آلل‌ها با استفاده از نرم افزار GIS Map تهیه شد (جدول ۲). لایه اطلاعاتی شامل جدول داده‌های جغرافیایی، فایل‌های تصویری و غیره می‌باشد که بر اساس آن داده‌ها روی یک نقشه نمایش داده می‌شوند. برای این کار، ابتدا اطلاعات مربوط به ارقام و آلل‌ها در فایل Excel تهیه شد. سپس فایل اطلاعات مکانی مربوط به آخرین نقشه تقسیمی استان‌های کشور تهیه شد. سپس در فایل اکسل، یک ستون مشترک با فایل مکانی ایجاد شد. آنگاه از طریق دستور Join جدول اطلاعات توصیفی آلل‌ها به جدول اطلاعات مکانی متصل شد، یعنی اطلاعات توصیفی به لایه نقشه متصل شد. در این مرحله اشکالات موجود در انتقال بین دو صفحه به صورت دستی مورد تصحیح قرار گرفت. پس از انتخاب رنگ، عنوان، راهنما و مقیاس، خروجی نقشه‌ها ذخیره شد.

جدول ۱- نشانگرهای مورد استفاده برای ژن‌های مرتبط با بهاره‌سازی بر اساس منابع موجود

Table 1. Studied markers linked to vernalization genes based on references

ژن Gene	نشانگر Marker	آلل Allel	منبع Reference
Vrn-A1	Vrn-A1-9k001+Vrn5A prom k38	Vrn-A1a (spring), vrn-A1 (winter)	Yan *et al.*, 2004
Vrn-A1	Vrn A1b Marq	Vrn-A1b (spring), vrn-A1 (winter)	Yan *et al.*, 2004
Vrn-A1	Intr1/A/F2_Intr1/A/R3	Vrn-A1c (spring), vrn-A1 (winter)	Fu *et al.*, 2005
Vrn-A1	Vrn-A1v/w	Vrn-A1v, Vrn-A1w	Eagles *et al.*, 2011
Vrn-B1	Intro B1	Vrn-B1a = 709bp, vrn-B1 = 1149bp	Santra *et al.*, 2009
Vrn-D1	Intro D1	Vrn-D1 = 1671bp, vrn-D1 = 997bp	Fu *et al.*, 2005

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- اطلاعات جغرافیایی پراکندگی آللی ژن‌های بهاره‌سازی و صفات مرتبط با آن بر اساس رقم غالب هر استان در سال ۸۹-۱۳۸۸

Table 2. GIS layer of allelic distribution for vernilazation genes and associated traits based on dominant variety in each province of Iran during 2009-2010

Province	استان	Cultivar	رقم	FLN*	DHE*	*Vrn.A1*	*Vrn.B1*	*Vrn.D1*	*Ppd.D1*	*Ppd.B1*	*Ppd.A1*
						a/b/v/w**	a/b/w	a/w	a/b/w	a/b	a/b/w
Markazi	مرکزی	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Markazi	مرکزی	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Markazi	مرکزی	Rooshan Back Cross	بک‌کراس روشن	7.00	57.0	w	w	.	w	a	.
Markazi	مرکزی	Navid	نوید	7.67	67.3	a	w	w	b	b	w
Markazi	مرکزی	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Gilan	گیلان	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Gilan	گیلان	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Mazandaran	مازندران	Falat	فلات	8.00	57.3	w	a	a	a	b	b
Mazandaran	مازندران	Golestan	گلستان	7.00	57.7	w	b	a	.	a	.
Mazandaran	مازندران	Tajan	تجن	8.33	56.3	v	.	a	a	a	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Sabalan	سبلان	10.00	W	w	a	w	a	b	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Azarbaijan-sharghi	آذربایجان شرقی	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Azarbaijan-gharbi	آذربایجان غربی	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Azarbaijan-gharbi	آذربایجان غربی	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Azarbaijan-gharbi	آذربایجان غربی	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Azarbaijan-gharbi	آذربایجان غربی	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Azarbaijan-gharbi	آذربایجان غربی	Bezostaia	بزوستایا	8.33	74.7	w	.	w	a	b	w
Azarbaijan-gharbi	آذربایجان غربی	Sabalan	سبلان	10.00	W	w	a	w	a	b	w
Khozestan	خوزستان	Star	استار	7.33	54.0	a	a	a	a	b	w
Khozestan	خوزستان	Yavares	یاواروس	6.00	55.7	v	w	.	.	b	a
Khozestan	خوزستان	Kavir	کویر	6.67	50.7	a	a	w	w	a	w
Khozestan	خوزستان	Vee/nak	وییناک	6.67	56.0	a	w	a	a	a	w
Khozestan	خوزستان	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Khozestan	خوزستان	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Khozestan	خوزستان	Chenab	چناب	6.67	56.0	a	a	a	a	a	w
Fars	فارس	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Fars	فارس	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Fars	فارس	Yavares	یاواروس	6.00	55.7	v	w	.	.	b	a
Fars	فارس	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Fars	فارس	Marvdasht	مرودشت	8.00	60.3	a	a	w	a	b	w
Fars	فارس	Shiroodi	شیرودی	7.00	59.0	w	.	.	a	a	b
Fars	فارس	Falat	فلات	8.00	57.3	w	a	a	a	b	b
Fars	فارس	Shiraz	شیراز	6.33	57.0	a	w	w	a	a	b
Fars	فارس	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Fars	فارس	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Fars	فارس	Niknejad	نیک نژاد	6.33	59.0	a	a	w	a	b	w
Fars	فارس	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w

Archive of SID

www.SID.ir

Continued Table 2 ادامه جدول ۲

Province	استان	Cultivar	رقم	FLN*	DHE*	*Vrn.A1*	*Vrn.B1*	*Vrn.D1*	*Ppd.D1*	*Ppd.B1*	*Ppd.A1*
						a/b/v/w**	a/b/w	a/w	a/b/w	a/b	a/b/w
Fars	فارس	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Fars	فارس	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Fars	فارس	Star	استار	7.33	54.0	a	a	a	a	b	w
Kerman	کرمان	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Kerman	کرمان	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Kerman	کرمان	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Kerman	کرمان	Yavares	یاواروس	6.00	55.7	v	w	.	.	b	a
Kerman	کرمان	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Esfahan	اصفهان	Rooshan Back Cross	بک‌کراس روشن	7.00	57.0	w	w	.	w	a	.
Esfahan	اصفهان	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Esfahan	اصفهان	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Esfahan	اصفهان	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Esfahan	اصفهان	Ghods	قدس	7.00	57.0	a	a	a	a	b	w
Esfahan	اصفهان	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Sistan	سیستان	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Sistan	سیستان	Hamoon	هامون	8.00	58.3	w	a	w	w	a	b
Sistan	سیستان	Kavir	کویر	6.67	50.7	a	a	w	w	a	w
Sistan	سیستان	Ghods	قدس	7.00	57.0	a	a	a	a	b	w
Sistan	سیستان	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Kordestan	کردستان	Azar 2	آذر ۲	7.67	W	w	.	a	a	b	w
Kordestan	کردستان	Marvdasht	مرودشت	8.00	60.3	a	a	w	a	b	w
Kordestan	کردستان	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Kordestan	کردستان	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Kordestan	کردستان	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Kordestan	کردستان	Gaskogen	گاسکوژن	9.67	W	w	w	w	.	b	w
Hamadan	همدان	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Hamadan	همدان	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Hamadan	همدان	Navid	نوید	7.67	67.3	a	w	w	b	b	w
Hamadan	همدان	Rooshan Back Cross	بک‌کراس روشن	10.67	W	w	w	.	w	a	.
Hamadan	همدان	Falat	فلات	8.00	57.3	w	a	a	a	b	b
Hamadan	همدان	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Hamadan	همدان	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Hamadan	همدان	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Charmahal	چهارمحال	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Charmahal	چهارمحال	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Charmahal	چهارمحال	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Charmahal	چهارمحال	Ghods	قدس	7.00	57.0	a	a	a	a	b	w
Charmahal	چهارمحال	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Lorestan	لرستان	Chenab	چناب	6.67	56.0	a	a	a	a	a	w
Lorestan	لرستان	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Lorestan	لرستان	Marvdasht	مرودشت	8.00	60.3	a	a	w	a	b	w
Lorestan	لرستان	Rooshan Back Cross	بک‌کراس روشن	7.00	57.0	w	w	.	w	a	.
Lorestan	لرستان	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Lorestan	لرستان	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۲

Continued Table 2

Province	استان	Cultivar	رقم	FLN*	DHE*	*Vrn.A1* a/b/v/w**	*Vrn.B1* a/b/w	*Vrn.D1* a/w	*Ppd.D1* a/b/w	*Ppd.B1* a/b	*Ppd.A1* a/b/w
Lorestan	لرستان	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Lorestan	لرستان	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Lorestan	لرستان	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Lorestan	لرستان	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Ilam	ایلام	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Ilam	ایلام	Yavares	یاواروس	6.00	55.7	v	w	.	.	b	a
Ilam	ایلام	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Ilam	ایلام	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Ilam	ایلام	Chenab	چناب	6.67	56.0	a	a	a	a	a	w
Ilam	ایلام	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Kohkiloeh	کهکیلویه	Simare	سیمره	8.67	53.0	v	a	.	.	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Navid	نوید	7.67	67.3	a	w	w	b	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Kohkiloeh	کهکیلویه	Alamot	الموت	8.00	56.7	w	.	w	a	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Kohkiloeh	کهکیلویه	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Boshehr	بوشهر	Yavares	یاواروس	6.00	55.7	v	w	.	.	b	a
Boshehr	بوشهر	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Boshehr	بوشهر	Niknejad	نیک‌نژاد	6.33	59.0	a	a	w	a	b	w
Boshehr	بوشهر	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Boshehr	بوشهر	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Zanjan	زنجان	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Zanjan	زنجان	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Zanjan	زنجان	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Zanjan	زنجان	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Semnan	سمنان	Ghods	قدس	7.00	57.0	a	a	a	a	b	w
Yazd	یزد	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Yazd	یزد	Kavir	کویر	6.67	50.7	a	a	w	w	a	w
Yazd	یزد	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Hormozgan	هرمزگان	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Hormozgan	هرمزگان	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Tehran	تهران	Shiraz	شیراز	6.33	57.0	a	w	w	a	a	b
Tehran	تهران	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Tehran	تهران	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Golestan	گلستان	Pastor	پاستور	7.67	58.7	.	a	a	a	b	b
Golestan	گلستان	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Golestan	گلستان	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Ghazvin	قزوین	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Ghazvin	قزوین	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
Ghazvin	قزوین	Shiraz	شیراز	6.33	57.0	a	w	w	a	a	b
Ghazvin	قزوین	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w

Archive of SID

www.SID.ir

Continued Table 2 ادامه جدول ۲

Province	استان	Cultivar	رقم	FLN*	DHE*	*Vrn.A1*	*Vrn.B1*	*Vrn.D1*	*Ppd.D1*	*Ppd.B1*	*Ppd.A1*
						a/b/v/w**	a/b/w	a/w	a/b/w	a/b	a/b/w
Ghazvin	قزوین	Kavir	کویر	6.67	50.7	a	a	w	w	a	w
Ghazvin	قزوین	Zarin	زرین	8.33	59.3	.	a	w	a	b	w
Ghazvin	قزوین	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Ghazvin	قزوین	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Ghazvin	قزوین	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
South- Khorasan	جنوب کرمان	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
South- Khorasan	جنوب کرمان	Yavares	یاواروس	6.00	55.7	v	w	.	.	b	a
Ardebil	اردبیل	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Ardebil	اردبیل	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Ardebil	اردبیل	Shiroodi	شیرودی	7.00	59.0	w	.	.	a	a	b
Ardebil	اردبیل	Gaspard	گاسپارد	9.33	W	w	w	a	b	b	w
Ardebil	اردبیل	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Ardebil	اردبیل	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b
Ardebil	اردبیل	Tajan	تجن	8.33	56.3	v	.	a	a	a	w
Ardebil	اردبیل	Gaskogen	گاسکوژن	9.67	W	w	w	w	.	b	w
Ardebil	اردبیل	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Ardebil	اردبیل	Bezostaia	بزوستایا	8.33	74.7	w	.	w	a	b	w
Ardebil	اردبیل	Sabalan	سبلان	10.00	W	w	a	w	a	b	w
Ghom	قم	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Ghom	قم	Shiraz	شیراز	6.33	57.0	a	w	w	a	a	b
Ghom	قم	Falat	فلات	8.00	57.3	w	a	a	a	b	b
Ghom	قم	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Ghom	قم	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
South- Khorasan	خراسان جنوبی	Ghods	قدس	7.00	57.0	a	a	a	a	b	w
South- Khorasan	خراسان جنوبی	Rooshan Back Cross	بک‌کراس روشن	7.00	57.0	w	w	.	w	a	.
South- Khorasan	خراسان جنوبی	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Shiraz	شیراز	6.33	57.0	a	w	w	a	a	b
South- Khorasan	خراسان رضوی	Sabalan	سبلان	10.00	W	w	a	w	a	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Marvdasht	مرودشت	8.00	60.3	a	a	w	a	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Mahdavi	مهدوی	7.67	59.0	.	a	w	a	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Omid	امید	10.67	W	w	w	a	w	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Gaskogen	گاسکوژن	9.67	W	w	w	w	.	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Rooshan Back Cross	بک‌کراس روشن	7.00	57.0	w	w	.	w	a	.
South- Khorasan	خراسان رضوی	Ghods	قدس	7.00	57.0	a	a	a	a	b	w
South- Khorasan	خراسان رضوی	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Razavi Khorasan	خراسان رضوی	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Razavi Khorasan	خراسان رضوی	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Razavi Khorasan	خراسان رضوی	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Koohdasht	کوهدشت	6.33	52.7	a	a	a	a	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Pishtaz	پیشتاز	6.67	59.0	w	b	a	a	a	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Pastor	پاستور	7.67	58.7	.	a	a	a	b	b

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۲

Continued Table 2

Province	استان	Variety	رقم	FLN*	DHE*	*Vrn.A1*	*Vrn.B1*	*Vrn.D1*	*Ppd.D1*	*Ppd.B1*	*Ppd.A1*
						a/b/v/w**	a/b/w	a/w	a/b/w	a/b	a/b/w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Azar 2	آذر ۲	9.67	W	w	.	a	a	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Gaskogen	گاسکوژن	9.67	W	w	w	w	.	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Sardari	سرداری	10.00	W	w	w	w	.	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Rooshan	روشن	8.33	62.7	w	.	a	w	a	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Zagros	زاگرس	7.67	58.0	w	a	a	a	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Falat	فلات	8.00	57.3	w	a	a	a	b	b
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Tajan	تجن	8.33	56.3	v	.	a	a	a	w
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Chamran	چمران	6.00	49.7	w	w	a	a	a	b
Nourth- Khorasan	خراسان شمالی	Sabalan	سبلان	10.00	W	w	a	w	a	b	w
Kermanshah	کرمانشاه	Alvand	الوند	8.00	62.0	w	a	w	a	b	w
Kermanshah	کرمانشاه	Atila	آتیلا	8.33	58.7	v	b	.	a	b	b

* FLN و DHE به ترتیب بیانگر تعداد برگ نهایی در ساقه اصلی و تعداد روز از جوانه‌زنی تا گلدهی هستند.

** a، b، v، و w آلل‌های مختلف هر ژن هستند که موجب حساسیت یا عدم حساسیت به طول روز یا بهاره‌سازی می شوند.

* FLN and DHE are final leaf number and days from germination to heading, respectively.

** a, b, v and w are different alleles that caused sensitivity and non-sensitivity to vernalization and photoperiod.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تیپ بهاره ۶۵/۵ درصد از ارقام اصلاح شده را شامل می‌شوند. تنوع تیپ رشدی این ارقام در بین اقلیم‌های مختلف ایران وابسته به سرمای زمستان بود. تیپ بهاره غالباً سازگار با اقلیم‌های گرم جنوب و معتدل بود، یعنی مناطقی که متوسط دمای دی ماه آنها بالای ۴ درجه سلسیوس بود، در حالی که تیپ زمستانه سازگار با مناطقی بود که متوسط دمای دی ماه آنها بین ۷- تا ۴ درجه سلسیوس در نوسان بود (جدول ۴ و شکل ۱). تنوع آللی در مکان ژنی *VRN* در بین ارقام و لاین‌های مطالعه شده به صورتی بود که ۲۷ رقم گندم واجد آلل *Vrn-A1a*، یک رقم واجد آلل *Vrn-A1b*، ۲۱ رقم واجد آلل *Vrn-A1v* و ۶۲ رقم واجد آلل *Vrn-A1w* بودند. از نظر مکان ژنی *Vrn-B1*، ۴۶ رقم واجد آلل غالب (*Vrn-B1*) و ۳۷ رقم دارای آلل مغلوب (*vrn-B1*) بودند. از نظر مکان ژنی *Vrn-D1* نیز ۶۴ رقم واجد آلل غالب (*Vrn-D1*) و ۳۴ رقم دارای آلل مغلوب (*vrn-D1*) بودند.

توزیع جغرافیایی عادات رشدی و ژنوتیپ *Vrn* جهت مطالعه ارقام گندم از مناطق مختلف جهان مورد بررسی قرار گرفته است. الگوی توزیعی اغلب آنها وابسته به سرمای زمستان بوده است. ایواکی و همکاران (Iwaki *et al.*, 2000) این الگو را برای ارقام گندم شرق آسیا ارایه دادند. بر طبق تحقیق ویلسی (Wilsie, 1962)، گندم زمستانه نمی‌تواند در مناطقی که میانگین کمینه دما در ماه‌های دی و بهمن پایین‌تر از ۱۲/۲- باشد، رشد کند و بایستی جهت جلوگیری از خسارت سرما در این مناطق، ارقام بهاره کشت کرد. به دلیل تفاوت‌های جغرافیایی، ارقامی که حامل ژن *Vrn-A1* هستند، به عنوان ارقام بهاره در مناطقی کشت می‌شوند که دارای سرمای شدید با میانگین دمای زیر ۷- درجه سلسیوس در دی‌ماه هستند. در مقابل، فصل زمستان در مناطقی با دمای بالای ۱۰ درجه سلسیوس به مقدار کافی سرد نیست تا گندم‌ها را بهاره نماید و گلدهی زودهنگام در اواخر بهار تا ابتدای زمستان، جهت اجتناب از تنش گرما و خشکی در این شرایط مفید خواهد بود. تجزیه لاین‌های ایزوژن نزدیک (Near-isogenic lines) که از نظر ژنوتیپ *Vrn* مختلف هستند، نشان داد که ارقام دارای ژن *Vrn-A1* تحت شرایط گرمایی و بدون تیمار بهاره‌سازی، سریع‌تر وارد مرحله گلدهی می‌شوند (Berry *et al.*, 1986). به این دلیل است که ارقام دارای این ژن غالباً در مناطق گرم کشت می‌شوند. این نتایج به طور واضح نشان می‌دهند که آلل غالب *Vrn-A1* باعث حساسیت به بهاره‌سازی می‌شود که این خود سبب سازگاری به تنش سرما در هر دو منطقه گرم و سرد می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

ارقام دارای تیپ زمستانه نسبت به تیپ بهاره گندم، معمولاً تحمل بیشتری به سرما دارند (Fujita *et al.*, 1992) و بنابراین بهتر می‌توانند به مناطق سرد با میانگین دمای ژانویه ۷- تا ۴ درجه سلسیوس سازگار باشند. به هر حال، نیاز سرمایی زیاد تاریخ گلدهی را در مناطق دارای زمستان ملایم به عقب می‌اندازد. تاریخ گلدهی دیر هنگام در این مناطق، یا به گرما و خشکی اوایل تابستان برخورد می‌کند (Fischer, 1973) یا ظهور سنبله آنها مصادف با بارندگی‌های موسمی خواهد شد (Hoshino *et al.*, 1989). در مقابل، کشت تیپ بهاره گندم که دارای ژن *Vrn-A1* هست، موجب می‌شود که آغازش پریموردیوم سنبله قبل از شروع زمستان انجام شود که غالباً با خسارت سرما همراه خواهد بود. به این دلایل گندم‌های تیپ بهاره با ژن *Vrn-A1* که نیاز سرمایی جزیی از خود بروز می‌دهند، سازگار با مناطق با زمستان‌های معتدل هستند. از آنجایی که تاریخ گلدهی گندم‌های زمستانه مستقل از نیاز سرمایی در مناطق با ارتفاع متوسط می‌باشد (Fujita *et al.*, 1992)، نیاز سرمایی جزیی، مناسب برای تحمل به سرما بدون تأخیر در گلدهی است.

جدول ۳- توزیع اقلیمی ژن‌های موثر در حساسیت به بهاره‌سازی در ارقام و لاین‌های اصلاح شده گندم ایران

Table 3. Climatic distribution of vernalization genes in Iranian wheat varieties and lines

Climate	نوع آب و هوا	*Vrn-A1*				*Vrn-B1*		*Vrn-D1*	
		a	b	v	w	a	b	w	a	w
Temperate	معتدل	8	0	4	7	10	4	5	13	5
Cold	سرد	5	0	3	18	6	0	15	10	15
South- warm	گرم جنوب	8	1	7	7	12	4	7	18	5
North- warm	گرم شمال	3	0	1	6	5	1	5	14	1
Temperate- salt resistant	معتدل- مقاوم به شوری	2	0	0	10	7	0	3	6	4
South- warm- salt resistant	گرم جنوب- مقاوم به شوری	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Rainfed- temperate and cold	دیم- معتدل و سرد	1	0	4	1	1	0	3	1	3
Rainfed- temperate and warm	دیم- معتدل و گرم	1	0	3	2	4	0	0	2	1
Total	کل	28	1	22	52	46	9	38	64	34

توزیع عادات رشدی و ژنوتیپ *Vrn* در بعضی از مناطق، به سادگی بر اساس دمای زمستان قابل توجیه نیست. تنوع ژنتیکی در صفات مرتبط با سازگاری بایستی توسط هتروژنی ارقام در شرایط ریز اقلیم حفظ شود. ایران به عنوان مرکز اولیه تنوع ژنتیکی گندم (Feldman *et al.*, 1995) به چهار منطقه با شرایط محیطی مختلف (شکل ۱) تقسیم شده است (Jalal Kamali *et al.*, 2012). رابطه میانگین بلند مدت دی ماه در اقلیم‌های مختلف به صورت: IV< III< I< II بود. بر اساس نتایج این تحقیق، ارقام دارای ژن *Vrn-A1* در مناطق شمال غربی و شمالی مشاهده شدند، در حالی که در مناطق مرکزی و جنوبی این ژن غالب بود و اکثر ارقام بهاره بودند. بنابراین، توزیع ژن *Vrn-A1* در این مناطق با سازگاری ارقام مشخص می‌شود و ممکن است انعکاسی از توزیع شرایط محیطی باشد. به هر حال فراوانی تیپ زمستانه در قسمت‌های شمال غربی و شمالی ایران نسبت به مناطقی با دمای زمستان مشابه بیشتر است. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که ارقام دارای ژن *Vrn-A1* حدود ۳۶ درصد از ارقام اصلاح شده ایران را تشکیل می‌دهند، اگرچه گندم عموماً به صورت زمستانه در اکثر مناطق ایران کشت می‌شود. ممکن است تنوع ژنتیکی در سه صفت مرتبط با گلدهی (یعنی پاسخ به فتوپریود، نیاز سرمایی و زودرسی ذاتی) در مناطق مورد مطالعه زیاد باشد و ارقام گندم مورد بررسی بتوانند با ترکیبات مختلفی از تنوع این صفت با این مناطق سازگار شوند. اگرچه ارقام حامل ژن *Vrn-A1* می‌توانند به شرایط سرد زمستان در ترکیب با عادات رشدی تحت شرایط دمایی پایین، دیررسی یا پاسخ به فتوپریود سازگار شوند، ولی به دلیل مسیرهای سازگاری متنوع، سازش به زمستان سرد به سادگی توسط اختلاف در نیاز سرمایی قابل توجیه نیست (Iwaki *et al.*, 2000).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- درصد توزیع جغرافیایی ارقام بهاره گندم اصلاح شده در اقلیم‌های چهارگانه ایران

Table 4. Geographical distribution percentage of spring wheat varieties in four different climates of Iran

Climate	نوع آب و هوا	تعداد ارقام No. of varieties	درصد بهاره Spring percentage	میانگین بلند مدت دمای دی‌ماه (درجه سلسیوس) Long term average temperature from 21 Dec. to 20 Jan. (^oC)	میانگین بلند مدت دمای دی ماه در برخی از شهرها (درجه سلسیوس)* Long-term average temperature of some cities from 21 Dec. to 20 Jan. (^oC)*
North- warm (I)	گرم شمال (I)	16	87.5	7.02	Rasht (6.67), Sari (7.39), Gorgan (7.04)
South- warm (II)	گرم جنوب (II)	25	100	12.52	Ahwaz (12.37), Bushehr (15.22), Bandar Abbas (17.37) Zahedan (7.12), Jiroft and Kahnooj (10.5)
Temperate (III)	معتدل (III)	19	79	3.07	Shiraz (6.08), Kerman (4.54) Esfahan (3.22), Sanandaj (0.22), Shahrekord (-2.16), Ilam (4.0), Yasooj (2.52), Tehran (4.3), Yazd (5.88), Semnan (3.71), Kermanshah (2.03), Birjand (3.5), Mashhad (2.07)
Cold (IV)	سرد (IV)	22	55	-1.75	Tabriz (-1.57), Urmia (-2.28), Hamadan (-2.62), Zanjan (-2.67), Ardebil (-3.28), Qazvin (-0.4), Bojnourd (0.54)

* آمار درجه حرارت مستخرج از اداره آمار سازمان هواشناسی کشور منتهی به سال ۲۰۱۴ میلادی است.

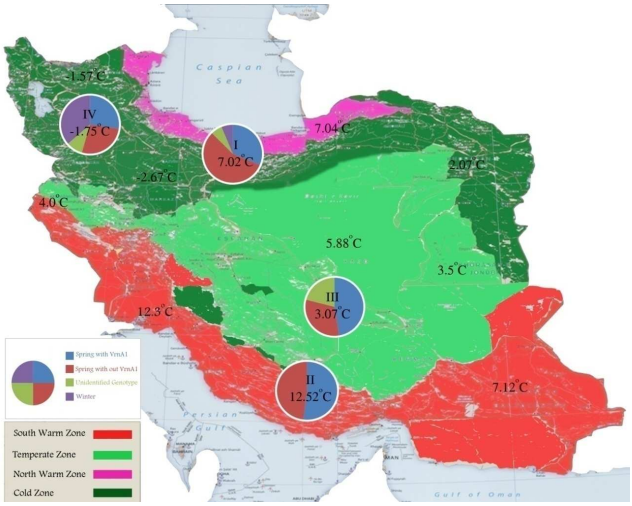
* Temperatures are extracted from Meteorological Organization of Iran leading to 2014.

با اینکه گندم بهاره حامل ژن *Vrn-A1* با زمستان‌های معتدل با دمای ۴ تا ۱۰ درجه سلسیوس سازگار است، اما توزیع ژنوتیپ *Vrn* در بین مناطق مختلف متفاوت بود. ژن *Vrn-B1* نیز غالباً در مناطق غربی مرکز تکامل گندم مشاهده شد، در حالی که ژن *Vrn-D1* در قسمت‌هایی از مناطق جنوبی و شمالی به صورت غالب وجود داشت، ولی در اکثر مناطق ایران به صورت هتروژن با آلل مغلوب شناسایی شد (شکل ۲). این نتایج مشخصاً بیانگر توزیع متفاوت ژن‌های *Vrn* است. از آنجایی که آثار این ژن‌ها روی نیاز بهاره‌سازی مشابه است، از این‌رو تنوع جغرافیایی به وسیله تفاوت در سازگاری آنها قابل توضیح نیست. به هر حال، چون اطلاعات کمی در باره آثار متقابل بین این ژن‌ها و محیط وجود دارد، بنابراین نیاز است که آثار این ژن‌ها روی آغازش پریموردیوم سنبله و صفات مرتبط با عملکرد تحت شرایط مختلف محیطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

ارتباط بین ژن‌های *Vrn* و صفات فنوتیپی در دو تیمار بهاره‌سازی و عدم بهاره‌سازی در شکل ۳ ارایه شده است. پاسخ به بهاره‌سازی با اختلاف در تعداد روز تا گلدهی، تعداد برگ نهایی، طول سنبله و تیپ گیاهی در مرحله دانهالی مرتبط است. این صفات برای هر آلل بیان متفاوتی را داشتند. از نظر تیپ رشدی، بین تیمار بهاره‌سازی و حالات غالب و یا مغلوبی ژن‌های *Vrn-A1*، *Vrn-B1* و *Vrn- D1* اثر متقابل وجود داشت، به طوری که تیپ رشدی ارقام در حالت بدون بهاره‌سازی، همراه با حالت غالب این ژن‌ها سبب افزایش این صفت (عمودی‌تر شدن گیاه) شد. تیمار بهاره‌سازی به همراه آلل غالب سبب کمترین تیپ رشدی (خوابیدگی بیشتر گیاه) شد. در صفت تعداد برگ نهایی روی ساقه اصلی، بین حالت غالب و مغلوب این ژن‌ها در تیمار بهاره‌سازی تفاوتی مشاهده نشد، ولی در تیمار بدون بهاره‌سازی، تعداد برگ نهایی در حالت غالبیت کاهش معنی‌داری را نشان داد. از نظر صفت تاریخ گلدهی، ارقام دارای تیمار بهاره‌سازی زودرس‌تر بودند و این اختلاف در تاریخ رسیدگی در هر دو آلل غالب و مغلوب وجود داشت. یعنی آثار متقابلی بین این آلل‌ها و تیمار بهاره‌سازی وجود نداشت. در حالت غالب، تاریخ گلدهی به طور متوسط بین ۶-۳ روز زودتر اتفاق افتاد. ارقام در تیمار بهاره‌سازی نسبت به تیمار بدون بهاره‌سازی، از طول سنبله بیشتری برخوردار بودند، ولی اختلافی بین حالت‌های مختلف آللی مشاهده نشد.

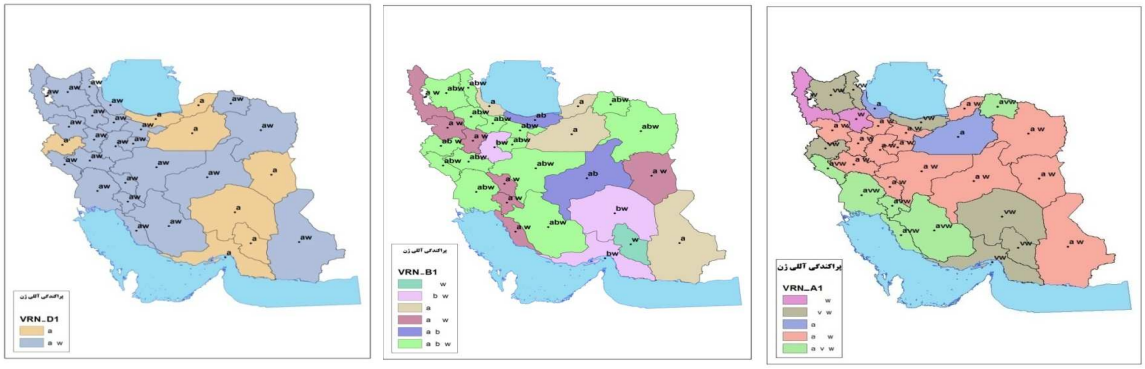
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نقشه تنوع اکو- جغرافیایی تیپ‌های رشدی ارقام اصلاح شده گندم در اقلیم‌های چهارگانه ایران. در نمودار قطاعی قسمت‌های آبی، قرمز، سبز و بنفش به ترتیب بیانگر درصد ارقام بهاره دارای ژن *Vrn-A1*، درصد ارقام بهاره بدون ژن *Vrn-A1*، درصد ارقام نامشخص و درصد ارقام زمستانه است. در این تصویر، میانگین بلند مدت دمای دی‌ماه بر حسب درجه سلسیوس ارایه شده است. (آمار دما مستخرج از اداره آمار سازمان هواشناسی کشور منتهی به سال ۲۰۱۴ میلادی است. مرجع اقلیم‌بندی نیز بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج است).

Figure 1. Ecogeographical diversity plan of growth habit of improved wheat varieties in four different climates of Iran. The radial parts of the graph, blue, red, green, and purple indicate spring varieties with gene *Vrn-A1*, percentage of spring varieties without gene *Vrn-A1*, percentage of anynomous cultivars and winter cultivars percentage, respectively. In this figure, long-term average temperature of January is displayed. (Data of temperatures are extracted from the Meteorological Organization of Iran leading to 2014. Cereal Department Research of Seed and Plant Improvement Institute is the reference of climatic classification).



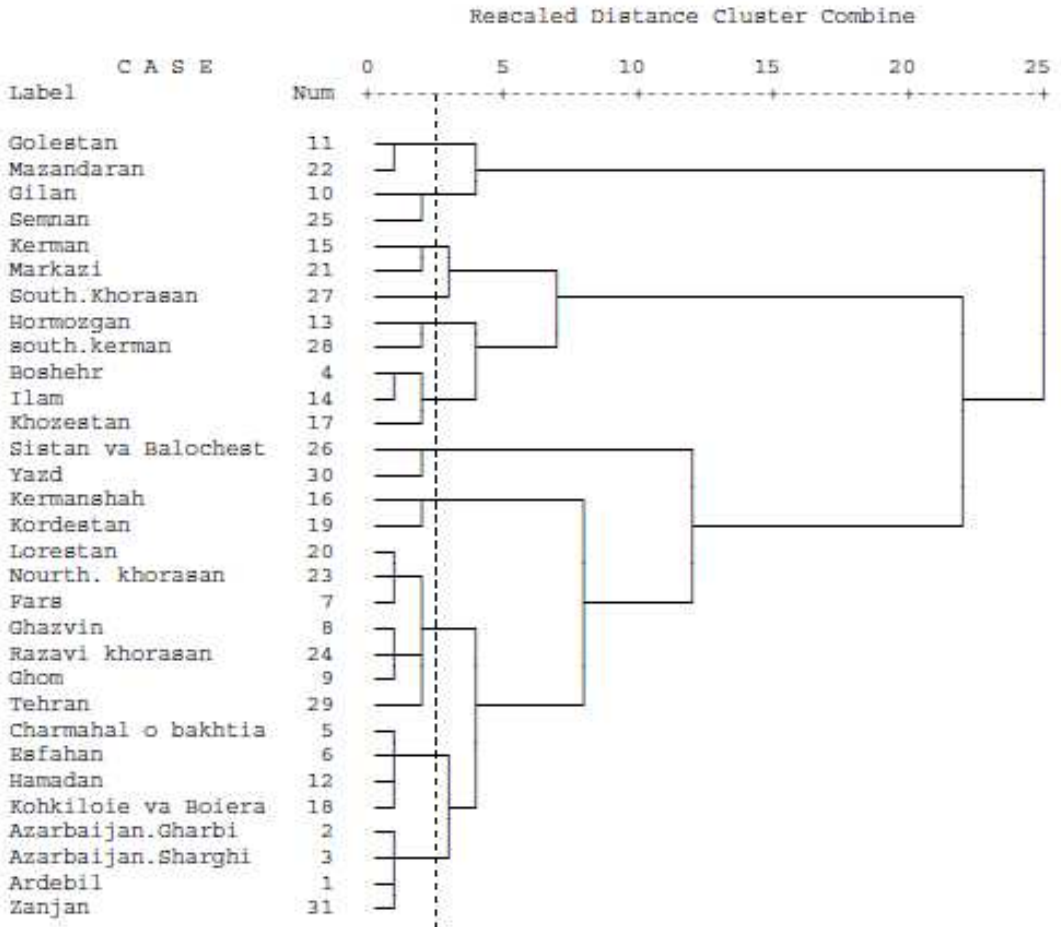
شکل ۲- نقشه‌های پراکندگی آللی ژن‌های موثر در حساسیت به بهاره سازی (*VRN*) در استان‌های مختلف کشور بر اساس رقم یا ارقام غالب هر استان.

Figure 2. Allelic distribution plans of vernalization sensitivity genes (*VRN*) in different provinces of Iran based on dominant varieties of each province.

Archive of SID

www.SID.ir

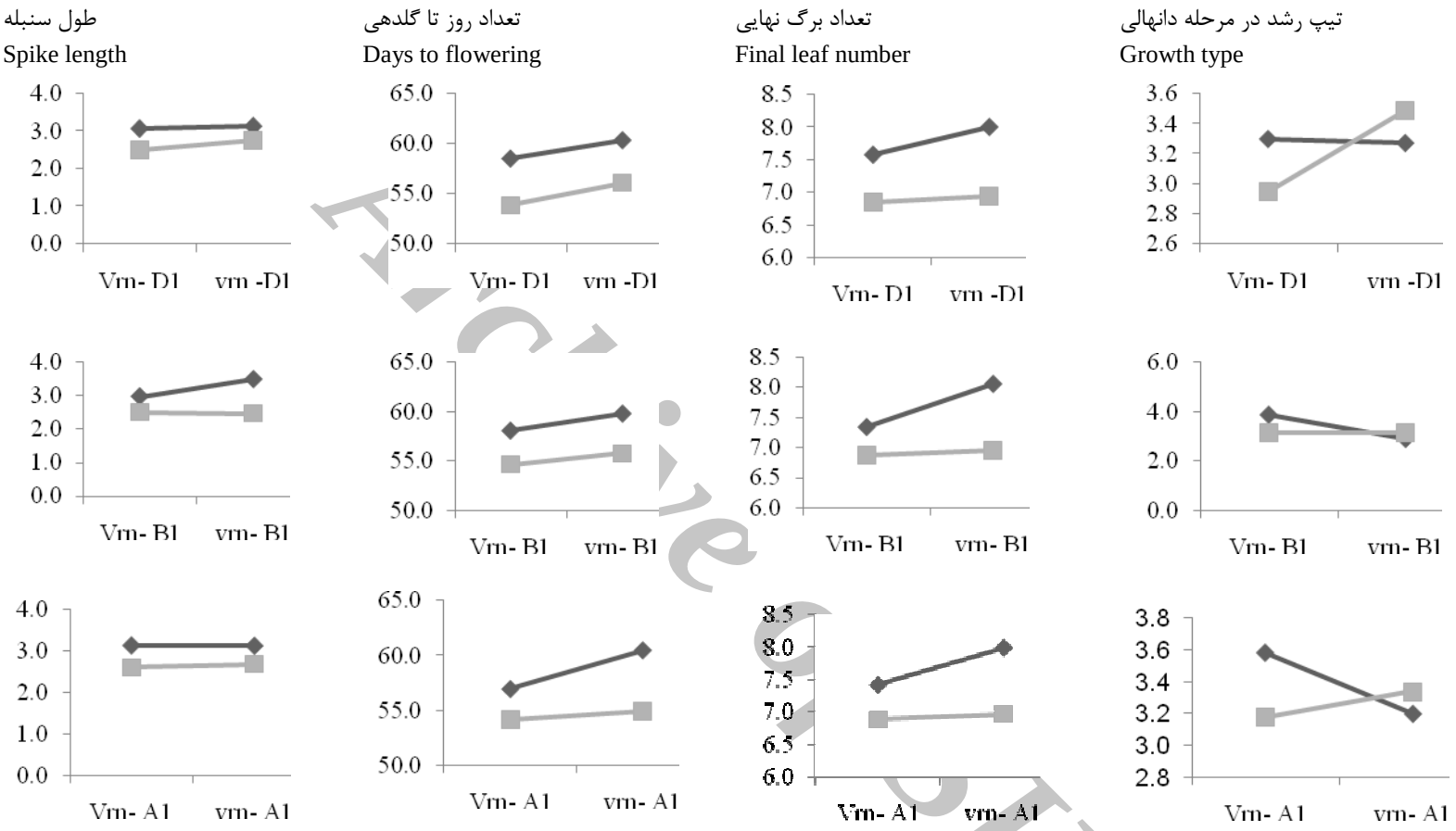
تجزیه خوشه‌ای استان‌های کشور بر اساس ژن‌های حساسیت به بهاره‌سازی و پاسخ به طول روز با استفاده از روش حداقل واریانس "وارد" انجام و در شکل ۴ ارایه شد. تطابق این تقسیم‌بندی با توزیع اقلیمی مناطق مختلف، شباهت زیادی را به نمایش گذاشت. استان‌هایی مانند گلستان، مازندران، گیلان و سمنان که از نظر اقلیمی جزو اقلیم گرم شمال (I) هستند، در این تقسیم‌بندی در یک گروه قرار گرفتند. استان‌هایی مثل زنجان، اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی (اقلیم II) نیز که در اقلیم گرم جنوب طبقه‌بندی می‌شوند، در گروه جداگانه‌ای قرار گرفتند. به طور کلی، با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گیری کرد که توزیع آلل‌های بهاره‌سازی و عادات رشدی در بین مناطق اقلیمی مختلف در ایران متفاوت است. علاوه بر آن، با توجه به اقلیم‌های متنوع در بسیاری از استان‌های کشور، پیشنهاد می‌شود بررسی توزیع آللی در ایران از حوزه استانی فراتر رود و در سطح شهرستان انجام شود.



شکل ۴- گروهبندی استان‌های کشور بر اساس ژن‌های حساسیت به بهاره‌سازی و پاسخ به طول روز با استفاده از حداقل واریانس وارد. خط نقطه چین سطح فاصله سه واحدی استان‌ها را نشان می‌دهد.

Figure 4. Clustering the Iran’s provinces based on response to photoperiod and vernalization requirement genes using Ward's minimum variance. Midline incision shows the distance level of three scale of the provinces.

www.SID.ir



شکل ۳- ارتباط بین ژنوتیپ *Vrn* و میانگین برخی صفات فنوتیپی در تیمارهای بهاره‌سازی کامل و بدون بهاره‌سازی. خطوط روشن و تیره به ترتیب تیمار بهاره‌سازی و بدون بهاره‌سازی را نشان می‌دهند.

Figure 3. Association between *Vrn* genotype and averages of some phenotypic traits in full vernalization and no-vernalization treatments. Vernalization and no-vernalization treatments were shown as bright and dark lines, respectively.

www.SID.ir

References

Beales, J., Turner, A., Griffiths, S., Snape, J. W. and Laurie, D. A. 2007. A pseudo-response regulator is misexpressed in the photoperiod insensitive *Ppd-D1*a mutant of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Theoretical and Applied Genetic** 115: 721-733.

Berry, G. J., Salisbury, P. A. and Halloran, G. M. 1986. Expression of vernalization genes in near-isogenic wheat lines: Effects of night temperature. **Annals of Botany** 58: 523-529.

Doyle, J. J. and Doyle, J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochemical Bulletin** 19: 11-15.

Eagles, H. A., Cane, K. and Trevaskis, B. 2011. Very wheats carry an allele of *Vrn-A1* that has implications for freezing tolerance in winter wheats. **Plant Breeding** 130: 413-418.

Feldman, M., Lupton, F. G. H. and Miller, T. E. 1995. Wheats. In: Smartt, J. and Simmonds, N. W. (Eds.). Evolution of Crop Plants. pp: 184-192.

Fischer, R. A. 1973. The effect of water stress at various stages of development on yield process in wheat. In: Slatyer, R. O. (Ed.). Plant Response to Climatic factors. UNESCO, Paris. 233-241.

Fu, D., Szucs, P., Yan, L., Helguera, M., Skinner, J., Hayes P. and Dubcovsky, J. 2005. Large deletions in the first intron of the *VRN-1* vernalization gene are associated with spring growth habit in barley and polypoloid wheat. **Molecular Genetics and Genomics** 273: 54-65.

Fujita, M., Kawada, N. and Tahir, M. 1992. Relationship between cold resistance, heading traits and ear primordia development of wheat cultivars. **Euphytica** 64: 123-130.

Herndl, M., White, J. W., Graeff, S. and Claupein, W. 2008. Field-based evaluation of vernalization requirement, photoperiod response and earliness per se in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research** 105: 193-201.

Hoshino, T., Tomooka, T., Fukunaga, K. and Seko, H. 1989. Testing methods of pre-harvest sprouting and genealogical pedigree of pre harvest sprouting resistant cultivars in wheat. **Japanese Journal of Breeding** 39: 365-372.

Iran Meteorological Organization. 2014. Statistics. Retrieved January 26, 2014. From http://www.irimo.ir.

Iwaki, K., Nakagawa, K., Kuno, H. and Kato, K. 2000. Adaptation and ecological differentiation in wheat with special reference to geographical variation of growth habit and *Vrn* genotype. **Plant Breeding** 120: 107-114.

Jalal Kamali, M. R., Najafi Mirak, T. and Asadi, H. 2012. Wheat: Research and management strategies in Iran. Agricultural Training Press. (In Persian).

Jihad Agriculture Organization. 2010. Statistics. Retrieved January 5, 2014. From http://www.maj.ir/portal/File/ShowFile.aspx.

Mahfoozi, S. and Sasani, S. 2008. Vernalization requirement in some of wheat and barley genotypes and its communication with cold resistance in controlled and field conditions. **Iranian Journal of Field Crop Science** 39: 113-126. (In Persian).

Mohammadi, M., Torkamaneh, D. and Mehrazar, E. 2012. Molecular examination and genotype diversity of vernalization sensitivity and photoperiod response in old and modern bread wheat cultivars grown in Iran. **Journal of Crop Science and Biotechnology** 15: 259-265. (In Persian).

Najafian, G. and Jalal Kamali, M. R. 2012. Public and private adaptation, broad concepts in plant breeding and explainable by agronomic and physiological traits (a review of the literature). **Iranian Journal of Crop Sciences** 12: 109-138. (In Persian).

Pierce, F. J. and Clay, D. 2007. GIS applications in agriculture. Taylor and Francis Group Press.

Richards, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. **Plant Growth Regulation** 20: 157-166.

Santra, D. K., Santra, M., Allan, R. E., Campbell, K. G. and Kidwell, K. K. 2009. Genetic and molecular characterization of vernalization genes *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, and *Vrn-D1* in spring wheat germplasm from the Pacific Northwest region of the USA. **Plant Breeding** 128: 576-584.

Star, J. and Estes, J. 1996. An introduction to geographic information systems. Translatn: Sanaeenejad, S. H. Mashhad Jihad-University Press. (In Persian).

Stelmakh, A. F. 1998. Genetic systems regulating flowering response in heat. **Euphytica** 100: 359-369.

Streck, A. N., Weiss, A. and Baenziger, P. S. 2003. A generalized vernalization response function for winter wheat. **Agronomy Journal** 95: 155-159.

Archive of SID

www.SID.ir

Sun, Q. M., Zhou, R. H., Gao, L. F. and Jia, Z. 2009. The characterization and geographical distribution of the genes responsible for vernalization requirement in Chinese bread wheat. **Journal of Integrative Plant Biology** 51: 423-432.

Van Beem, J., Mohler, V., Lukman, R., Ginkel, M., van William, M. C. J. and Worland, A. J. 2005. Analysis of genetic factors influencing the developmental rate of globally important CIMMYT wheat cultivars. **Crop Science** 45: 2113-2119.

Wilsie, C. P. 1962. Crop adaptation and distribution. Freeman and Company. San Francisco and London.

Yan, L., Helguera, M., Kato, K., Fukuyama, S., Sherman, J. and Dubcovesky, J. 2004. Allelic variation at the *Vrn-1* Promoter region in polyploidy wheat. **Theoretical and Applied Genetic** 109: 1677-1686.

Zhang, X. K., Xiao, Y. G., Zhang, Y., Xia, X. C., Dubcovsky, J. and He, Z. H. 2008. Allelic variation at genes *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1* and *Vrn-B3* in Chinese wheat cultivars and their association with growth habit. **Crop Science** 48: 458-470.

Archive of SID

www.SID.ir

Geographical distribution of vernalization genes in Iranian wheat varieties and lines

Seyyed Hamid Reza Ramazani[1], Mohsen Ebrahimi[2*], Habibollah Ghazvini[3], Mohammad Reza Jalal Kamali[4] and Ali Izadi Darbandi[2]

1 and 2. Ph. D. Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding Sciences, Faculty of Aburaihan, University of Tehran, Iran, 3. Assoc. Prof., Dept. of Cereal Research, Seed and Plant Improvement Institute, Iran, 4. Master Researcher of Global Wheat Breeding Program and Representative of the International Maize and Wheat Improvement Center, CIMMYT

(Received: October 1, 2014- Accepted: May 25, 2015)

Abstract

The cold resistance in wheat varieties that been controlled with compatibility procedure to environment such as vernalization requirement and photoperiod reaction, has been factors for success in cold regions. Thus, knowledge of the eco-geographical distribution of influencing vernalization requirement and photoperiod reaction genes is essential for modern breeding program. To do so, 119 lines and cultivars of Iranian wheat were studied. Specific primers based on the polymerase chain reaction (STS-PCR) to identify alleles affecting the sensitivity to vernalization were used in *Vrn-A1*, *Vrn-B1* and *Vrn-D1* loci. For agro-ecological study of the diversity and distribution of these genes in Iran, data layers were prepared using GIS Map software and the latest set of tables with predominant cultivars that were cultured in each region. Results showed that spring type was 65.5% of whole and their diversity depending on the coldness of winter. Spring type cultivars mainly adapted to south warm and moderate climates where average January temperature was above 4 ^{o}C. On the contrary, winter type adapted to areas of average January temperature from -7 ^{o}C to 4 ^{o}C. With determining genotypes based on of these traits, breeders will enable to lead segregation generations to better compatibility.

Keywords: Cold, Compatibility, GIS Map software, Spring type, Winter type

Archive of SID

*Corresponding author: mebrahimi@ut.ac.ir

www.SID.ir