

## ارزیابی تحمل به تنش سرما در ژنوتیپ های گندم

ماریه جوانی<sup>۱\*</sup>، مهدی تاج بخش<sup>۲</sup>، علیرضا عیوضی<sup>۳</sup> و محسن رشدی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آنکارا، ترکیه، marieh.javani@gmail.com

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی

### چکیده

جهت بررسی تحمل به تنش سرما در پانزده ژنوتیپ گندم با سه تیپ رشد زمستانه، بینابین و بهاره، آزمایشی متشکل از آزمون آزمایشگاهی و مزرعه ای در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی به ترتیب در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار و بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در سه تاریخ کاشت مختلف اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس آزمون آزمایشگاهی نشان داد که در بین مواد گیاهی مورد مطالعه در صفات انباشت پتاسیم، نشت یونی و ماده خشک کل اختلاف کاملا معنی داری وجود داشت. بیشترین میزان پتاسیم را ژنوتیپ C-81-14، کمترین میزان پتاسیم را رقم سایسون، بیشترین نشت یونی را ژنوتیپ M-81-13، کمترین نشت یونی را رقم زرین، بیشترین ماده خشک کل را رقم گاسکوژن و ارقام زرین، کویر و M-81-13 کمترین ماده خشک کل را داشتند. طی عملیات آزمایشگاهی ارقام بهاره در مرحله ۶ برگگی سنبله تشکیل دادند، ولی ارقام بینابین و پائیزه در مرحله اپکس ماندند. نتایج تجزیه واریانس مرکب آزمون مزرعه ای نشان داد که اثر متقابل بین تاریخ کاشت و رقم روی صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک کل معنی دار بود. داشتن همبستگی منفی معنی دار بین صفت نشت یونی با ماده خشک کل و عملکرد دانه می تواند به عنوان معیار غیر مستقیمی جهت غربال ژنوتیپ های متحمل به تنش سرما به کار برده شود. متحمل ترین ژنوتیپ ها به تنش سرما ارقام الوند، توس، M-79-7، C-82-12، زرین، کویر، مهدوی و گاسکوژن شناخته شدند.

واژه های کلیدی: ارقام گندم، تنش سرما، عملکرد دانه.

### مقدمه

محیط با شرایط آب و هوایی لازم است رقم بخصوصی را در نظر گرفت (دیوید و دندی، ۲۰۰۱). هدف از تعیین تاریخ کاشت بهینه، تعیین دوره زمانی است که مجموعه عوامل محیطی حاکم در آن دوره برای جوانه زنی، سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه ها مناسب باشد (راوسن، ۲۰۰۰). بقای گندم زمستانه به عواملی مانند سازگاری به

مطالعه تحمل به تنش سرما در ژنوتیپ های گندم جهت افزایش عملکرد در شرایط نامساعد طبیعی ضروری به نظر می رسد (جنکینز و رافی، ۲۰۰۷). سطح زیر کشت گندم در استان آذربایجان غربی در سال ۱۳۸۷، ۳۰۰۰۰۰ هکتار بود (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۸). ارقام مختلف گندم به تغییرات آب و هوایی حساس هستند بنابراین برای هر

آدرس نویسنده مسئول: خوی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی، گروه زراعت و اصلاح نباتات.

\* دریافت: ۹۰/۲/۱۳ و پذیرش: ۹۰/۹/۳

منطقه دارد (هامون و همکاران، ۱۹۹۶). چانگ و همکاران (۲۰۰۱) گیاهچه های لوبیا را در معرض دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت دو روز قرار داد و خسارت غیرقابل برگشتی را در بین گیاهچه ها مشاهده نمودند. یون عمده نشت شده از بافت های از بین رفته، پتاسیم بود که مقدار آن ۷ تا ۱۰ برابر بیشتر از یون کلسیم و منیزیم است. ننگه داری گیاهچه ها در ۱۰ درجه سلسیوس آنها را از خسارت ناشی از ۴ درجه سلسیوس حفظ کرد. سازگاری گیاهچه ها در دمای ۱۰ درجه سلسیوس به مدت دو تا سه روز، به طور معنی داری هدایت الکتریکی و غلظت قندهای محلول، اسیدهای آمینه آزاد و یون های پتاسیم، منیزیم و کلسیم را در نشت یونی کاهش داد. مقدار محصول به سه فاکتور تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بستگی دارد و بین این سه فاکتور رابطه معکوس وجود دارد، با افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه کاهش می یابد (تاج بخش و میرزاپور، ۱۳۸۲). یکی از موثرترین تنش های غیرزنده در استان، که هر ساله صدمات زیادی به بخش کشاورزی وارد می سازد، سرمازدگی های زودرس پاییزه و دیررس بهاره است، بر این اساس ضرورت اجرای این تحقیق به حداقل رساندن اثرات زیان بار تنش سرما با معرفی ارقام متحمل می باشد. بر این اساس هدف از این بررسی ارزیابی عکس العمل ارقام و ژنوتیپ های گندم به تنش سرما در زمان های مختلف کاشت بوده است.

### مواد و روش ها

این بررسی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی در ایستگاه تحقیقات ساعتی ارومیه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه، ۴۴ دقیقه و ۱۸ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه، ۱۰ دقیقه و ۵۳ ثانیه شرقی و با ارتفاع ۱۳۳۸ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط درجه حرارت و بارندگی سالیانه ایستگاه به ترتیب ۹/۲۵ درجه سلسیوس و ۵۵/۴ میلی متر بود (جدول

سرما، شدت سرما و دمای کم در فصل پاییز و زمستان و میزان تابش خورشید در مرحله رشد و نمو پنجه ها بستگی دارد (مکلند و همکاران، ۲۰۰۲). در طی پاییز و ابتدای زمستان کاهش تدریجی میانگین دمای محیط باعث انگیزش فرایند مقاوم شدن تدریجی گیاه می شود، که برای مقاومت در برابر سرما و یخبندان ضروری است (کاونتری و همکاران، ۲۰۰۳). تاخیر در مرحله گذر از فاز رویشی به زایشی تحت شرایط روز کوتاهی موجب افزایش در سطح تحمل و حفظ طولانی مدت تحمل به تنش سرما می شود (فاولر و همکاران، ۲۰۰۱). ریضا و همکاران (۱۹۹۴) با ارزیابی خسارت سرما در ۳۰ ژنوتیپ گندم، بیان کردند که همبستگی معنی داری بین خسارت سرما و کاهش عملکرد دانه وجود داشت (\*\* $r=0/61$ ). یامادا و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشی که بر روی گیاه ری گراس<sup>۱</sup> به منظور اندازه گیری نشت یونی تحت تنش سرما انجام داده و نشان دادند اختلاف معنی داری در هدایت الکتریکی وجود داشت. نیاز ورنالیزاسیون در ژنوتیپ های گندم پاییزه، موجب حفظ گیاه از تنش سرما شده و مانع گذر از مرحله رویشی به زایشی تا سپری شدن فصل یخبندان می شود. در مقابل ژنوتیپ های بهاره به دلیل عدم نیاز به ورنالیزاسیون در روزهای بلند سریعاً وارد مرحله زایشی می شوند (محفوظی و همکاران، ۲۰۰۱). مصادف شدن دوره سبز شدن بوته ها با یخبندان و متعاقب آن هم زمان شدن دوره پرشدن دانه با هوای گرم در بهار از دلایل کاهش عملکرد دانه است (افیونی و همکاران، ۱۳۸۰؛ خواجه پور، ۱۳۸۰).

کاهش در وزن هزار دانه، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله، افزایش میزان عقیمی گلچه، برخورد مراحل حساس رشد گیاه ( دوره پرشدن دانه، ظهور سنبله و گرده افشانی ) با گرمای آخر فصل و افزایش خسارت ناشی از آن، تسریع مراحل رشد و نمو و کاهش دوام آنها، از اثرات مهم تاخیر در کشت گندم است (اهدایی و همکاران، ۱۳۷۳؛ راد مهر و همکاران، ۱۳۷۶). تاریخ کاشت مطلوب از محلی به محل دیگر متفاوت است و بستگی به شرایط محیطی

<sup>1</sup>. Rye grass

درجه سلسیوس به مدت چهار روز یکی از جعبه های کاشت به یخچال دیگری که با دمای دو درجه ی روزانه گرمتر می شد منتقل گردید. پس از آن که گیاهچه ها از دمای ۵- درجه سلسیوس به دمای گلخانه ی ۲۰ درجه ی سلسیوس رسیدند اندازه گیری صفات نشت یونی، محتوی پتاسیم برگ و ماده خشک تک بوته از ۵- درجه سلسیوس شروع و تا ۲۵- درجه سلسیوس انجام گرفت (چانگ و همکاران، ۲۰۰۱). داده های به دست آمده توسط نرم افزار آماری MSTAT-C تجزیه واریانس شد و میانگین ها با آزمون چند دامنه ای SNK در سطح احتمال ۵٪ مقایسه و نمودارهای مربوطه توسط نرم افزار Excel ترسیم گردید.

### نتایج و بحث

در آزمایش مزرعه ای اثر تاریخ کاشت بر صفت تعداد دانه در سنبله معنی دار نبود. ارقام فقط از نظر تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی دار نداشتند. اثر متقابل بین رقم و تاریخ کاشت بر کلیه صفات مورد مطالعه معنی دار بود (جدول ۲). اختلاف آماری معنی داری در بین ژنوتیپ ها برای صفات نشت یونی، میزان پتاسیم و ماده خشک کل تک بوته در آزمایش های آزمایشگاهی وجود داشت (جدول ۲).

### ارتفاع بوته

اثر متقابل بین رقم و تاریخ کاشت ارقام مورد مطالعه نشان داد در تاریخ کاشت اول رقم طوس، در تاریخ کاشت دوم و سوم رقم الوند از ارتفاع بالاتر و در تاریخ کاشت اول رقم مارتن و در تاریخ کاشت دوم و سوم رقم سایسون از ارتفاع کمتری برخوردار بودند. به نظر می رسد با تاخیر در کاشت، ارتفاع بوته در ارقام کاهش یافته است. راوسن (۲۰۰۰) اظهار داشت تاریخ کاشت مناسب موجب قرار گرفتن گیاه زراعی در هر مرحله از رشد در شرایط مطلوب می شود که در نتایج این تحقیق نیز چون تاریخ کاشت اول

(۱). pH خاک در حدود ۸ و درصد کربن آلی خاک ۱/۲ درصد بوده و غلظت قابل جذب عناصر فسفر و پتاسیم به ترتیب ۱۲ و ۴۲۵ ppm و نوع بافت خاک رسی لومی است. طرح آزمایشی به کار رفته تحت شرایط مزرعه ای بلوک های کامل تصادفی با ۱۵ رقم و ۳ تاریخ کاشت (۲۰ مهر، ۲۰ آبان و ۲۰ آذر) در ۳ تکرار بود. ارقام مورد استفاده در آزمایش شامل ۵ ژنوتیپ با تیپ پاییزه به اسامی سایسون، مارتن، گاسکوژن، C-81-14، C-82-12، ۵ ژنوتیپ با تیپ بینابین شامل الوند، مهدوی، زرین، مرودشت، طوس و ۵ ژنوتیپ با تیپ بهاره به اسامی شیراز، پیشتاز، M-79-7، M-81-13 و کویر بودند. عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاو آهن برگردان دار، خرد کردن کلوخه ها و تسطیح مزرعه بود که با استفاده از نیروی کارگری وبر اساس نقشه انجام شد. کشت در شش ردیف با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع انجام گرفت. فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی متر به طول ۳ متر بود. توصیه های کودی براساس نتایج تجزیه خاک مزرعه به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به صورت سرک در سه نوبت، موقع کاشت، ساقه رفتن و سنبله دهی اعمال شد. کود فسفر ۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که قبل از کاشت به زمین داده شد. با علف های هرز مزرعه توسط علف کش 2-4-D در مرحله پنجه رفتن مبارزه شد. در مرحله رسیدگی، صفات ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک کل هر کرت اندازه گیری شد. طی عملیات آزمایشگاهی ۱۵ عدد جعبه چوبی در ابعاد ۵۲/۵ در ۳۲ سانتی متر و ارتفاع ۱۳ سانتی متر که محتوی مخلوطی از خاک باغچه و خاک برگ بود آماده شدند. داخل هر جعبه ۱۵ ردیف به تعداد ژنوتیپ ها به فاصله ۳/۵ سانتی متر در ۵ تکرار تحت شرایط گلخانه ای کشت گردید. در مرحله دو برگی، ۵ جعبه به یخچال آزمایشگاهی با دمای ۲۰ درجه سلسیوس و نور کنترل شده منتقل گردید. روزانه دمای یخچال از ۲۰ درجه سلسیوس به صورت معکوس دو درجه کاسته می شد تا به ۵- درجه ی سلسیوس برسد. پس از ماندن گیاهچه ها در دمای ۵-

بهینه بود، گیاه از رشد مطلوبی از لحاظ ارتفاع برخوردار شد. علت اینکه ارتفاع بوته در بین ارقام بهاره و پاییزه نسبت به بینابین بالاتر است، می تواند این باشد که در بین ارقام بهاره لاین های پیشرفته و امیدبخش وجود دارد که جدیدتر از ارقام به کار رفته در آزمایش می باشند و این ژنوتیپ ها آبی هستند، هر اندازه رقم پاکوتاه تر و کودپذیرتر باشد با نهاده ی کودی و آب بیشتر، عملکرد بالاتری ایجاد می کنند. لازم به ذکر است، ارقام جدیداً اصلاح شده نسبت به ارقام قدیمی، پاکوتاه تر و کودپذیرتر می باشد، بطوریکه در ارقام بینابین رقم های قدیمی تری نسبت به ارقام پاییزه و بهاره وجود دارد.

#### تعداد سنبله در متر مربع

اثر متقابل کلیه ارقام مورد مطالعه نشان داد که در تاریخ کاشت اول در رقم M-79-7، در تاریخ کاشت دوم رقم C-82-12 و در تاریخ کاشت سوم رقم سایسون از تعداد سنبله در متر مربع بیشتر و در تاریخ کاشت اول رقم C-82-12، در تاریخ کاشت دوم و سوم به ترتیب ارقام مهدوی و الوند از تعداد سنبله در متر مربع کمتری برخوردار بودند. کشت به موقع موجب افزایش تعداد سنبله در متر مربع گردیده است و تاخیر در کشت تا اواسط و اواخر آبان ماه، شاید باعث تولید تعداد پنجه کمتری در ژنوتیپ ها شده، که نتیجه آن کاهش تعداد سنبله در متر مربع بوده است. مکلثود و همکاران (۲۰۰۲) نتیجه گرفتند بقای گندم پاییزه به عواملی مانند سازگاری به سرما، شدت سرما و دمای پایین بین پاییز تا بهار و میزان تابش در خلال رشد و نمو پنجه ها بستگی دارد. در نتایج این آزمایش نیز چون زمان کاشت به موقع می تواند باعث افزایش تعداد پنجه شده و در نهایت تعداد سنبله در متر مربع گردد. به نظر می رسد با تاخیر در تاریخ کاشت و عدم ذخیره مواد فتوسنتز شده کافی به منظور زمستان گذرانی در ارقام مختلف، پنجه ها به سنبله نرفته و به صورت غیربارور شده اند و حاصل کاهش تعداد سنبله در متر مربع باشد.

تعداد دانه در سنبله: اثر متقابل بین رقم و تاریخ کاشت ارقام مورد مطالعه نشان داد در تاریخ کاشت اول ارقام زرین و مهدوی و در تاریخ کاشت دوم و سوم رقم C-82-12، تعداد دانه در سنبله بیشتر و در تاریخ کاشت اول رقم گاسکوژن و در تاریخ کاشت دوم و سوم رقم الوند تعداد دانه در سنبله کمتری تولید کردند، زیرا تولید تعداد دانه در سنبله از صفات ژنتیکی یک رقم بوده و تحت تاثیر عوامل محیطی نظیر خسارت سرما قرار می گیرد. به نظر می رسد با افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه کاهش می یابد، مقدار محصول به سه فاکتور تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بستگی دارد و بین این سه فاکتور رابطه معکوس وجود دارد، با افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه کاهش می یابد (تاج بخش و میرزاپور، ۱۳۸۲). داشتن تعداد دانه بیشتر در یک رقم خاص می تواند از لحاظ اقتصادی درآمد بیشتری برای کشاورز داشته باشد. ضرایب همبستگی صفات نشان داد که صفت سنبله در متر مربع در بین اجزای عملکرد همبستگی مثبت معنی داری با عملکرد دانه داشت و با وزن هزار دانه و دانه در سنبله همبستگی معنی داری نشان نداد.

#### وزن هزار دانه

اثر متقابل کلیه ارقام مورد مطالعه نشان داد که در تاریخ کاشت اول و دوم در رقم کویر و در تاریخ کاشت سوم ارقام الوند و مهدوی وزن هزار دانه بالاتر و در تاریخ کاشت اول رقم C-82-12، در تاریخ کاشت دوم رقم سایسون و در تاریخ کاشت سوم رقم گاسکوژن وزن هزار دانه پایین تری تولید کردند، چون این ارقام تعداد دانه در سنبله بیشتری داشتند که باعث شده وزن هزار دانه آنها کاهش یابد. بالا بودن وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اول شاید ناشی از مساعد بودن دمای هوا در فصل بهار طی پر شدن دانه باشد، ولی در تاریخ های کاشت دوم و سوم مصداق با گرمای هوا در اواخر خرداد ماه شده که نتیجه ی آن عدم پر شدن دانه های نارس است.

## عملکرد دانه

اثر متقابل کلیه ارقام مورد مطالعه نشان داد که در تاریخ کاشت اول ارقام مهدوی و M-79-7، در تاریخ کاشت های دوم و سوم رقم C-82-12 از عملکرد دانه بالاتر و در تاریخ کاشت اول رقم پیشتاز، در تاریخ کاشت دوم طوس و در تاریخ کاشت سوم رقم گاسکوژن به ترتیب از عملکرد دانه کمتری برخوردار بودند. از مهمترین عوامل عملکرد دانه بیشتر، در تاریخ کاشت اول طول دوره رشد بیشتر می باشد در نتیجه افزایش تحمل ژنوتیپ ها به تنش سرما در تاریخ کاشت ۲۰ مهر ماه یعنی مصادف با مرحله ۶ برگی بود، درحالی که در دو تاریخ کاشت دیگر چنین روندی وجود نداشت و ژنوتیپ ها در زمان قرار گرفتن در معرض تنش سرما در مرحله گیاهچه بودند. به نظر می رسد بیشترین تاثیر تنش سرما بر اجزای عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع باشد. با توجه به اینکه تغییرات وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله در سه تاریخ کاشت، کمتر از تغییرات تعداد سنبله در متر مربع می باشد، به نظر می رسد افزایش عملکرد دانه بیشتر تحت تاثیر تعداد سنبله در متر مربع باشد. همچنین به نظر می رسد تاخیر در تاریخ کاشت سبب عدم پنجه زنی کافی، عدم ذخیره کافی مواد فتوسنتز شده در برگ و در نتیجه کاهش تحمل به سرما می شود و همه این عوامل سبب کاهش عملکرد دانه در کاشت تاخیری می شود (افیونی و همکاران، ۱۳۸۰؛ خواجه پور، ۱۳۸۰). در بین ژنوتیپ ها، رقم گاسکوژن با تیپ پاییزه کمترین عملکرد دانه را داشت که مصادف با مرحله برگی شدن یعنی دمای ۱۵/۶- در این گیاه بود و ارقام مهدوی و M-79-7 به سرما مقاومت نشان دادند به دلیل اینکه در مرحله ۶ برگی یا پنجه رفتن بودند. محفوظی و همکاران (۲۰۰۱) نتیجه گرفتند روزهای بلند موجب تسریع تحریک گلدهی و سنبله دهی با کاهش تعداد برگ ها در گیاهان ورنالیزه شده و بهاره می شود. در این بررسی در تاریخ کاشت اول ارقام مهدوی و M-79-7، بیشترین عملکرد دانه و رقم پیشتاز کمترین میزان عملکرد دانه را داشت. ریززا و همکاران (۱۹۹۴) با ارزیابی خسارت سرما

در ۳۰ ژنوتیپ گندم، بیان کردند که همبستگی معنی داری بین خسارت سرما و کاهش عملکرد دانه وجود داشت (\*\* $r=0/61$ ).

## ماده خشک کل

اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت کلیه ارقام مورد مطالعه نشان داد در تاریخ کاشت اول رقم مهدوی، در تاریخ کاشت دوم و تاریخ کاشت سوم C-82-12 ماده خشک بالاتر و در تاریخ کاشت اول، دوم و سوم به ترتیب ارقام پیشتاز، مهدوی و سایسون ماده خشک کمتری را تولید کردند. بالا بودن ماده خشک کل در تاریخ کاشت اول به علت عملکرد دانه بالا و مناسب بودن تاریخ کاشت آن می باشد و تحمل خود را به سرما افزایش داده، در صورتی که در تاریخ های کاشت بعدی با این روند نبوده و ارقام در برابر تنش سرما قرار گرفته اند، ضریب همبستگی بین صفات ماده خشک کل و عملکرد دانه ۰/۷۸ بدست آمد، که عددی مثبت و معنی دار است. معنی دار بودن ضریب همبستگی ماده خشک کل در مرحله شش برگی (گیاهچه ای) با ماده خشک کل در گیاه کامل حاکی از آن است که با قوی بودن بنیه اولیه گیاه، در مرحله ی گیاه کامل نیز ماده خشک کل بیشتر خواهد شد. کاونتری و همکاران (۲۰۰۳) نتیجه گرفتند که در طی پاییز و اوایل زمستان کاهش تدریجی میانگین دما باعث مقاوم شدن تدریجی گیاه شده که این امر برای مقاومت در برابر سرما ضروری است و با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. تاخیر در تاریخ کاشت، باعث کاهش ارتفاع ساقه شده، تعداد دانه را کمتر نموده و ماده خشک کل کمتر شده و در این بین، رقمی مانند سایسون بیشترین حساسیت را به تاخیر در کشت داشته و به همین دلیل با ۳۷۳/۳۳۳ گرم بر متر مربع کمترین ماده خشک کل را داشت، در حالیکه رقم گاسکوژن بیشترین حساسیت را به تنش سرما داشت.

## نشت یونی

ماده خشک کل تک بوته: رقم گاسکوژن با ۰/۳۰۲ گرم در بوته در مرحله رشد ۶ برگی بیشترین ماده خشک کل را داشت. ژنوتیپ های سایسون، مارتن، C-81-14، الوند، مرودشت، طوس، شیراز و M-79-7 به ترتیب ۰/۲۶۵، ۰/۲۵۷، ۰/۲۸۶، ۰/۲۵۱، ۰/۲۸۹، ۰/۲۸۵، ۰/۲۶۶ و ۰/۲۶۸ گرم در بوته ماده خشک داشتند. ژنوتیپ های زرین، M-۸۱-۱۳ و کویر به ترتیب با ۰/۱۷۰، ۰/۱۶۳ و ۰/۱۳۲ گرم در بوته کمترین ماده خشک کل را داشتند. با توجه به مرحله رشدی گیاه تحمل به تنش سرما در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه متفاوت می باشند، زیرا تحت شرایط رشد مختلف افزایش یا کاهش نشان می دهند (شکل ۳).

## نتیجه گیری نهایی

ژنوتیپ ها در تاریخ کاشت ۲۰ مهر ماه نسبت به سایر تاریخ های کاشت، از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. در پایین ترین دما (۱۵/۶-) تحت شرایط مزرعه ای، ژنوتیپ ها در تاریخ کاشت اول در مرحله پنجه زنی بودند. ژنوتیپ ها با تیپ بهاره در مرحله شش برگی وارد فاز زایشی شدند. ژن های کنترل کننده ورنالیزاسیون در ژنوتیپ های با تیپ پاییزه می توانند مانع گذر از فاز رویشی به زایشی شده و تحمل گیاه را به تنش سرما افزایش می دهند. در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه لاین C-82-12 با تیپ رشد پاییزه از نشت یونی پایین و عملکرد و اجزای عملکرد دانه و ماده خشک کل بالا برخوردار بود. در مقابل ژنوتیپ M-79-7 با تیپ رشد بهاره، میانگین عملکرد دانه کمتری داشت. در بین اجزای عملکرد، صفت تعداد سنبله در متر مربع، همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشت. با انباشت پتاسیم در گیاه نشت یونی کاهش یافته و تحمل به تنش سرما افزایش می یابد. تحمل به تنش سرما بسته به مرحله رشدی گیاه، شدت و مدت زمان اعمال تنش و تیپ رشدی متفاوت است.

رقم M-۸۱-۱۳ با ۲۷/۷ میکروزیمنس بر متر بیشترین نشت یونی را داشت. ارقام سایسون، پیشتاز و M-79-7 و کویر به ترتیب با ۲۲/۳۶، ۲۲/۳۹، ۲۳/۵۵ و ۲۲/۷۸ میکروزیمنس بر متر و رقم زرین با ۱۳/۷۶ میکروزیمنس بر متر کمترین نشت یونی را داشت. اکثر ارقام با تیپ بهاره از نشت یونی بالایی نسبت به سایر تیپ های رشدی پاییزه برخوردار بودند، لذا به نظر می رسد حساس به تنش سرما باشند. یامادا و همکاران (۲۰۰۴) در آزمایشی که بر روی گیاه ری گراس<sup>۱</sup> به منظور اندازه گیری نشت یونی تحت تنش سرما انجام دادند، نتیجه گرفتند این گیاه با نشت یونی بالا، حساس به تنش سرما می باشد که با نتایج این آزمایش کاملاً مطابقت داشت. تحت تنش سرما در ارقام با تیپ بهاره، دیواره سلولی تخریب شده، در نتیجه محتویات سلولی به بیرون تراوش نموده و هدایت الکتریکی محیط را افزایش می دهد، بدین ترتیب با افزایش نشت یونی، حساسیت رقم به تنش سرما نیز بیشتر می شود. بین صفت میزان نشت یونی و انباشت پتاسیم همبستگی منفی معنی داری وجود داشت، به عبارت دیگر با افزایش انباشت پتاسیم میزان نشت یونی کمتر شده و با کاهش نشت یونی گیاه به تنش سرما متحمل تر خواهد شد (شکل ۱).

## میزان پتاسیم

رقم C-81-14 با ۶/۶۷ درصد بیشترین میزان پتاسیم را داشت. رقم گاسکوژن ۶/۴۴ درصد و ارقام طوس و شیراز به ترتیب، ۶/۲۹ و ۶/۲۶ درصد پتاسیم داشتند. رقم سایسون با ۴/۸۹ درصد کمترین میزان پتاسیم را داشت. تحت شرایط آزمایشگاهی ارقامی نظیر M-۸۱-۱۳ و سایسون که نشت یونی بالایی داشتند از انباشت پتاسیم پایینی برخوردار بودند ( $F=0/05^{**}$ ). برای انباشت پتاسیم تنوع ژنتیکی گسترده ای در بین مواد گیاهی مورد مطالعه مشاهده شد. هرچقدر انباشت پتاسیم بالا باشد، مقاوم تر به تنش سرما می شود (شکل ۲).

<sup>۱</sup>. Rye grass

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی منطقه آزمایش

تعداد روزهای یخبندان	حداقل دمای سطح خاک (سانتی گراد)	حداکثر درجه حرارت مطلق (سانتی گراد)	حداقل درجه حرارت مطلق (سانتی گراد)	متوسط درجه حرارت مطلق (سانتی گراد)	رطوبت نسبی حداکثر (درصد)	رطوبت نسبی حداقل (درصد)	مجموع بارندگی (میلیمتر)	ماه های سال
۱	۳/۳	۲۲/۸	۷/۲	۱۵/۰	۷۵/۰	۲۹/۰	۱/۲	مهر
۱۰	-۱/۹	۱۷/۱	۲/۶	۹/۸	۸۲/۱	۳۱/۰	۷/۶	آبان
۲۵	-۶/۶	۷/۲	-۳/۳	۱/۹	۹۲/۵	۵۲/۲	۳۰/۴	آذر
۳۰	-۱۵/۶	-۱/۳	-۱۰/۸	-۶/۱	۹۲/۵	۵۸/۲	۸/۰	دی
۲۹	-۱۴	۸/۰	-۱۵/۴	-۳/۹	۹۲	۵۷	۵۱/۵	بهمن
۱۹	-۴/۶	۱۱/۱	-۱/۰	۵/۰	۸۰/۸	۳۹/۴	۲۵/۲	اسفند
۱	۰/۹	۲۱/۰	۴/۷	۱۲/۹	۷۲/۳	۲۳/۸	۳/۴	فروردین
۰	۳/۹	۲۳/۰	۷/۶	۱۵/۳	۷۴/۱	۲۵/۲	۲۴/۵	اردیبهشت
۰	۷/۷	۲۷/۹	۱۱/۵	۱۹/۷	۷۱/۵	۲۸/۶	۰	خرداد
۰	۱۳/۱	۳۰/۵	۱۵/۶	۲۲/۹	۷۱/۱	۲۷/۷	۱۰/۹	تیر

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات ارقام گندم در سه تاریخ کاشت در شرایط مزرعه ای

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییرات
ماده خشک کل	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	دانه در سنبله	سنبله در متر مربع	ارتفاع بوته		
۱۰۱۳۰۸۲۳/۱۰۳**	۲۶۸۴۷۹۲/۷۰**	۶۴۲/۲۹**	۴۲۶/۳۱ <sup>ns</sup>	۱۶۸۹۵۳۸۰/۱۴**	۱۵۳۶/۸۳**	۲	تاریخ کاشت
۳۱۸۴۳/۳۳۲	۱۰۵۲۴/۸۰۳	۱۳/۰۹	۱۳۶/۱۲	۳۲۲۴۰/۵۴	۳۸/۱۸	۶	خطا
۲۲۴۸۹۶/۲۳۲**	۱۵۲۸۷/۳۵۲**	۶۸/۲۳۶**	۹۷/۶۰**	۴۴۲۶۵/۷۴ <sup>ns</sup>	۲۶۸/۲۱**	۱۴	رقم
۲۲۲۷۷۰/۵۶۹**	۳۱۴۶۲/۱۹۴**	۲۷/۶۰۰**	۸۲/۵۱**	۷۵۱۳۹/۷۳**	۲۹/۸۰*	۲۸	رقم × تاریخ کاشت
۲۹۶۹۹/۶۹۵	۶۳۱۳/۵۷۵	۱۱/۴۹	۳۵/۹۷	۲۰۵۸۳/۹۲	۱۶/۱۷	۸۴	خطا
۱۹/۲۳	۲۷/۰۹	۸/۶۸	۱۱/۳۳	۲۰/۰۰	۵/۸۶	ضریب تغییرات (%)	

<sup>ns</sup> و \* و \*\* به ترتیب بیانگر عدم اختلاف و اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد



جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات ارقام گندم در شرایط آزمایشگاهی

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
ماده خشک کل تک بوته	انباشت پتاسیم	نشت یونی		
۰/۰۰۹**	۰/۶۳۷**	۸۸/۷۰۴**	۱۴	رقم
۰/۰۰۲	۰/۰۹۱	۱/۹۱۲	۶۰	خطا
۲۰/۶۲	۵/۱۸	۷/۳۷		ضریب تغییرات (%)

\* و \*\* به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی صفات گندم در تنش سرما تحت شرایط مزرعه ای

ماده خشک کل	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	دانه در سنبله	سنبله در متر مربع	صفت
۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۴۹	۰/۱۵	۰/۳۷	ارتفاع بوته
۰/۶۷**	۰/۵۷*	-۰/۳۰	۰/۳۹		سنبله در متر مربع
۰/۳۹	۰/۲۹	-۰/۲۶			دانه در سنبله
-۰/۱۴	۰/۱۲				وزن هزار دانه
۰/۷۸**					عملکرد دانه

\* و \*\*: به ترتیب اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۵ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت شرایط مزرعه ای (مهرماه)

تاریخ کاشت	ژنوتیپ	صفات				
		ارتفاع بوته	سنبله در متر مربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد ماده خشک کل
مهر ماه	سایسون	۶۶/۶۱hp	۱۴۹۱/۳۳ab	۴۴/۹۰ij	۹۸/۴ cg	۶۷۲/۲۲ ab
	مارتن	۶۲/۶۶ms	۱۳۶۰/۳۳ac	۴۷/۱۸gi	۳۹/۰۶ cj	۴۸۸/۸۸ ce
	گاسکوژن	۶۷/۷۱hp	۱۴۹۵/۳۳ab	۳۵/۵۲j	۴۳/۱۴ be	۵۹۱/۱۱ bc
	C-81-14	۶۸/۵۷gn	۱۳۸۵/۳۳ac	۵۰/۷۶bi	۴۰/۶۷ cg	437/77 df
	C-82-12	۶۹/۶۱fm	۱۱۹۳cd	۵۲/۷۶bi	۳۷/۹۷ dk	۴۴۵/۵۵ df
	الوند	۸۲/۳۳ab	۱۴۵۴/۶۶ac	۴۸/۵۲fi	۳۹/۱۳ cj	۴۳۸/۸۸ df
	مهدوی	۸۱/۳۳ac	۱۳۹۹ac	۵۹/۲۸ag	۴۲/۹ be	۷۵۳/۳۳ a
	زرین	۷۹/۲۳ad	۱۴۱۳ac	۶۱/۱۳ae	۳۹/۵۷ ci	۶۹۵/۵۵ ab
	مرو دشت	۸۳/۲۳ab	۱۵۰۳/۳۳ab	۵۳/۷۱bi	۴۱/۷۱ cf	۶۶۷/۷۷ ab
	طوس	۸۴/۲۵a	۱۴۸۸ab	۵۲/۲۸bi	۴۰/۹۹ cg	۶۵۴/۴۴ ab
	شیراز	۸۱/۲۳ac	۱۴۲۱/۳۳ac	۵۳/۰۹bi	۴۵/۰۵ bc	۶۶۴/۴۴ ab
	پیشناز	۷۱/۹۴dk	۱۳۰۰/۶۶bc	۴۶/۴vhi	۴۲/۱۱ bf	۴۴۳/۳۳ eg
	M-79-7	۷۹/۳۳ad	۱۶۱۶a	۵۰/۴۷ci	۴۴/۶۸ bd	۷۳۹/۹۹ a
	M-81-13	۷۶/۷۵af	۱۴۰۳/۶۶ac	۴۹/۰۴ei	۴۰/۸۳ cg	۵۱۰ cd
کویر	۷۴/۴۲ch	۱۲۶۳/۶۶bc	۴۴/۶۶ij	۵۱/۷۸ a	۴۶۴/۴۴ ce	

حرف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.

ادامه جدول ۵ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت شرایط مزرعه ای (آبان ماه)

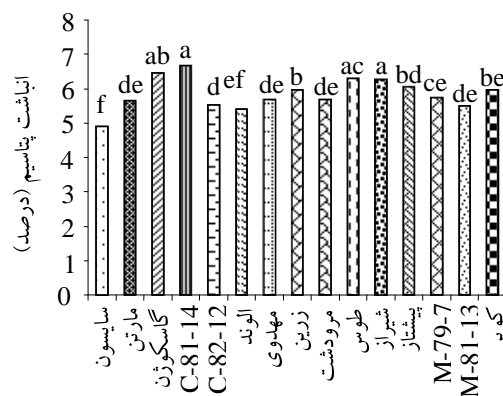
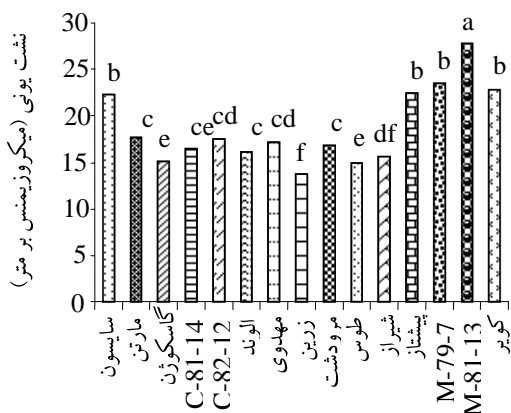
صفات						ژنوتیپ	تاریخ کاشت
ماده خشک کل	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	دانه در سنبله	سنبله در متر مربع	ارتفاع بوته		
۷۴۲/۲۲ fl	۱۷۷/۷۷ hj	۳۲/۳۱ kl	۵۷/۱۸ah	۳۶۹/۶۶hk	۵۷/۷۱qs	سایسون	آبان ماه
۵۸۶/۶۶ ow	۱۸۴/۴۴ hj	۳۴/۲۸ gl	۵۴/۷۵ai	۴۷۲/۳۳fj	۶۰/۴۷os	مارتن	
۱۱۵۴/۴۴ej	۳۰۳/۳۳ fh	۴۲/۰۲ bf	۴۹/۷۵di	۳۷۹/۳۳hk	۶۰/۲۸ps	گاسکوژن	
۶۵۰/۰۰nv	۱۹۸/۸۸ gj	۳۷/۶۳ ek	۵۷/۱۴ah	۳۸۸gk	۶۲/۹۹ms	C-81-14	
۱۲۲۴/۴۴eh	۴۱۴/۴۴ df	۳۸/۴۲ ck	۶۶/۴۲a	۹۹۵/۶۶d	۶۶/۹۰hp	C-82-12	
۱۰۳۶/۶۶gm	۲۹۷/۷۷ fh	۴۳ be	۶۲/۶۱ac	۷۴۸e	۷۸/۵۲ae	الوند	
۲۷۲/۷۷w	۹۵/۵۵ ij	۴۰/۶۳ cg	۵۳/۹۴bi	۱۹۲jk	۶۱/۵۷ms	مهدوی	
۸۶۸/۸۸ ip	۲۱۸/۸۸ gi	۴۴/۸۸ bc	۵۹/۶۱af	۵۹۴/۶۶eh	۷۱/۲۸el	زرین	
۸۴۱/۱۱ jq	۲۰۲/۲۲ gj	۴۲/۲ bf	۶۲/۸۵ab	۶۵۳eg	۷۲/۹۰di	مرو دشت	
۷۲۲/۲۱ mt	۱۱۵/۵۵ ij	۴۲/۲ bf	۵۰/۵۶ci	۴۵۶fk	۶۸/۳۷gd	طوس	
۸۹۶/۶۶ ho	۱۹۵/۵۵ gj	۳۵/۹۴ fk	۵۵/۲۳ai	۷۱۴/۳۳ef	۷۲/۶۱di	شیراز	
۵۱۵/۵۵ qw	۱۵۶/۶۶ hj	۴۴/۷۲ bd	۵۱/۳۷bi	۴۹۲ei	۶۲/۶۱ms	پیشناز	
۳۰۹/۹۹ vw	۷۴/۴۴ ij	۴۰ ch	۵۳/۸۵bi	۱۹۱jk	۶۶/۹۹hp	M-79-7	
۳۹۷/۷۷ tw	۱۱۲/۲۲ ij	۳۷/۶۷ ek	۵۷/۸۰ah	۲۰۳/۶۶jk	۶۶/۰۴ks	M-81-13	
۶۹۳/۳۳ nu	۱۹۷/۷۷ gj	۴۸/۴۹ ab	۴۸/۷۵fi	۴۰۶/۳۳gk	۶۹/۳۷fm	کویر	

حرف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.

ادامه جدول ۵ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت شرایط مزرعه ای (آذر ماه)

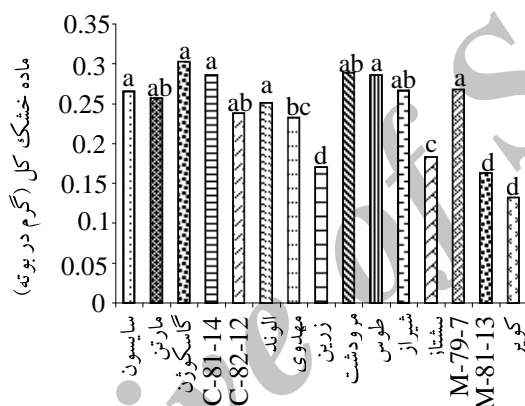
تاریخ کاشت	ژنوتیپ	صفات					
		ارتفاع بوته	سنبله در متر مربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد ماده خشک کل	
آذر ماه	سایسون	سایسون	۵۶/۲۳s	۳۴۷/۶۶hk	۵۸/۴۲ah	۳۲/۱۷ kl	۹۹/۹۹ ij
	مارتن	مارتن	۵۶/۸۵rs	۲۶۱/۳۳ik	۶۱/۶۶ad	۳۲/۵۱ jl	۱۰۸/۸۸ ij
	گاسکوژن	گاسکوژن	۵۹/۸۰ps	۲۱۵/۶۶ik	۵۰/۳۷di	۲۸/۷۹ l	۵۷/۷۷ j
	C-81-14	C-81-14	۶۵/۱۳iq	۲۱۱/۳۳ik	۴۹/۰۹ei	۳۲/۳۲ kl	۱۲۸/۸۸ ij
	C-82-12	C-82-12	۶۴/۹۹iq	۳۱۳/۶۶ik	۵۷/۱۸ah	۳۷/۰۹ ek	۲۱۲/۲۲ gj
	الوند	الوند	۷۵/۷۱bg	۱۷۱/۳۳k	۴۸/۱۸fi	۳۹/۲۶ ci	۳۱۳/۳۳ ij
	مهدوی	مهدوی	۶۱/۰۴ns	۲۵۷/۶۶ik	۴۷/۸۰fi	۳۹/۴۶ ci	۹۵/۵۵ ij
	زرین	زرین	۶۶/۸۹hp	۱۹۵jk	۵۰/۵۲ci	۳۷/۴۴ ek	۱۱۲/۲۲ ij
	مرودشت	مرودشت	۶۷/۴۷hp	۲۷۷/۶۶ik	۴۹/۶۱di	۳۱/۷۳ kl	۱۲۲/۲۲ ij
	طوس	طوس	۷۲/۱۸dj	۲۴۲/۳۳ik	۵۰/۵۲ci	۳۸/۴۳ ck	۸۷/۷۷ ij
	شیراز	شیراز	۶۳/۶۱ls	۲۹۳/۶۶ik	۴۹/۸۵di	۳۱/۹۱ kl	۷۲/۲۲ ij
	پیشتاز	پیشتاز	۶۱/۰۴ns	۲۴۶/۳۳ik	۵۵/۹۵ai	۳۵/۶۳ fk	۱۱۹/۹۹ ij
	M-79-7	M-79-7	۶۱/۹۵ms	۳۱۲ik	۴۶/۴۲hi	۳۳/۱۹ il	۱۱۸/۸۸ ij
	M-81-13	M-81-13	۶۴/۵۷jr	۲۹۰ik	۵۹/۰۹ag	۳۳/۷۹ hl	۹۹/۹۹ ij
	کویر	کویر	۶۶/۰۹ip	۲۰۱/۶۶jk	۵۵/۰۴ai	۳۸/۲۷ ck	۱۳۶/۶۶ ij

حرف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد.



شکل ۱- میانگین نشت یونی ارقام تحت شرایط آزمایشگاهی

شکل ۲- میانگین انباشت بناسیم ارقام تحت شرایط آزمایشگاهی



شکل ۳- میانگین ماده خشک کل تک بوته ارقام تحت شرایط آزمایشگاهی

## فهرست منابع

- آمارنامه کشاورزی. ۱۳۸۸. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، اداره کل آمار و اطلاعات. نشریه ۸۸/۰۵. تهران، ایران، ۹۳ صفحه.
- افیونی، د.، ا. فندی، و د. صادقی. ۱۳۸۰. بررسی اثرات تاریخ کاشت و میزان بذر بر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی ارقام جدید گندم. گزارش طرح تحقیقاتی شماره ۷۹۰۸۴-۱۲-۱۰۳، ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان. ۹ صفحه.
- اهدایی، ب.، گ. نور محمدی، و ع. والا. ۱۳۷۳. حساسیت محیطی و تجزیه همبستگی عملکرد دانه و اجزاء آن در ارقام گندم تتراپلوئید (دوروم) بومی خوزستان در شرایط مساعد و نامساعد محیطی. مجله علمی کشاورزی ۱۷: ۳۱-۱۵.
- تاج بخش، م. و ع. ا. پورمیرزا. ۱۳۸۲. زراعت غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۲۳۰ صفحه.
- خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۰. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۸۷ صفحه.
- رادمهر، م.، غ. لطفعلی آئینه و ع. کجباف. ۱۳۷۶. اثر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد گندم فلات در شرایط آب و هوایی جنوب خوزستان (قسمت اول: روند تجمع و توزیع مجدد مواد). مجله نهال و بذر. ۱۳ (۲): ۲۲-۳۳.

7. Chang, M. Y., S. L. Chen, C. F. Lee., and Y. M. Chen. 2001. Cold-acclimation and root temperature protection from chilling injury in chilling-sensitive mungbean seedlings. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 42: 53-60.
8. Coventry, D. R., T. G. Reeves, H. D. Brooke and K. Cann. 2003. Influence of genotype, sowing date, and seeding rate on wheat development and yield. *Aust. J. Exp. Agric.* 33: 751-757.
9. Croser, J. S., H. J. Clarke, K. H. M. Siddique., and T. N. Khan. 2003. Low temperature stress: Implications for chickpea improvement. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 22: 185-219.
10. David, A.V. Dendy. 2001. *Cereal and Cereal Products, Chemistry and Technology.* Anaspen Publication.
11. Fowler, B. D., G. Breton, A. E. Limin, S. Mahfoozi., and F. Sarhan. 2001. Photoperiod and temperature interactions regulate low temperature induced gene expression in barley. *Plant Physiology.* 127: 1676-1681.
12. Hammon. R.W, C.H. Pearson, and F.B. Peairs. 1996; Winter wheat planting date effect on Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) and a plant virus complex. *J. Kan. Entomol. Soc.* 69:302-309.
13. Jenkins, G. and P. Roffey. 2007, Method of estimating the cold hardiness of cereals by measuring electrical conductance after freezing. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 83: 87-92.
14. Mahfoozi, S., A. E. Limin., and D. B. Fowler. 2001. Influence of vernalization and photoperiod responses on cold hardiness in winter cereals. *Crop Sci.* 41: 1006-1011.
15. Mcleod, J. G., G. A. Compbell, F. B. Dyck and C. L. Vera. 2002. Optimum seeding date for winter wheat in southwestern Saskatchewan. *Agron. J.* 84: 86-90.
16. Rawson, H. M. 2000. Irrigated wheat (managing your crop). *FAO, Rome, Italy.* 139: 19-32.
17. Rawson, H. M. 2000. Irrigated wheat (managing your crop). *FAO, Rome, Italy.* 139: 19-32.
18. Rizza, F., C. Crosatti, A. M. Stanca., and L. Cattivelli. 1994. Studies for assessing the influence of hardening on cold tolerance of barley genotypes. *Euphytica.* 75:131-138.
19. Sthapit, B. R. 1990. Performance of cold-tolerance varieties in west hills of Nepal. *IRRN.* 15(3): 17.
20. Yamada, T., E. S. Jones, N. O. I. Cogan, A. C. Vecchies, T. Nomura, H. Hisano, Y. Shimamoto, K. F. Smith, M. D. Hayward, and J. W. Forster. 2004. QTL analysis of morphological, developmental, and winter hardiness-associated traits in perennial ryegrass. *Published in Crop Sci.* 44:925-935.