مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۲، ۱۳۹۱ (۲۹۳-۲۸۱)

ارتباط تغییرات فنولوژیک و تکمیل نیاز بهاره سازی با روند انباشت قندهای محلول و تحمل به سرما در گندم نان (*Triticum aestivum*)

شهریار ساسانی[۱]، رضا توکل افشاری[۲*]، سیروس محفوظی [۳] و بن تروا سکیس[۴]
۱، ۲، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه و استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳، دانشیار موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج، ۴، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی استرالیا
(تاریخ دریافت؛ ۹۰/۷/۲۶- تاریخ تصویب؛ ۹۰/۱۱/۱۹)

چکیده

در این پژوهش پاسخ تیمارهای خوگیری به سرما با طول دوره های متفاوت سرمادهی در چهار رقم گندم نان (نورستار، شهریار، الوند، کویر) با نیازهای متفاوت بهاره سازی از زمستانه تا بهاره (در شرایط مزرعه و نیز شرایط محیط تحت کنترل) بررسی گردید. اوج تحمل انجماد در فاز رویشی گیاه و توأم با مرحله برجستگی ساده در مریستم انتهایی ساقه بود به گونه ای که پس از این مرحله بروز تحمل گیاه به سرما کاهش یافته و ظهور برجستگی دوگانه مقارن با کاهش میزان تحمل گیاه به انجماد بود. بیشینه تحمل انجماد پیش از محدوده تکمیل نیاز بهاره سازی به وقوع پیوست که در این محدوده تداوم تیمار سرمادهی تأثیری بر تسریع زمان گلدهی نداشت. کاهش در تعداد نهایی برگ و وهله تثبیت در این تعداد که از آن به عنوان شاخصی فیزیولوژیک در تعیین مرحله تکمیل نیاز بهاره سازی یاد می شود و همسویی این کاهش با خوگیری به سرما، در ارقام بینابین و به ویژه در زمستانه لحاظ گردید. در همین راستا بیشینه توانایی خوگیری به سرما در رقم زمستانه نورستار معادل ۱۸- درجه سانتیگراد ملاحظه شد که این رقم دارای طولانی ترین دوره نیاز بهاره سازی است. افزایش تحمل انجماد که پس از اعمال تیمارهای سرمادهی بر گیاهان مشاهده گردید، با کاهش محتوای آب و افزایش محتوای قندهای محلول در بافتهای برگ و طوقه همبستگی داشت، با استقرار گیاهان در شرایط خوگیری به سرما، محتوای آب طوقه و برگ رو به کاهش نهاد، در همین راستا، همبستگی بالایی بین تحمل سرما و افزایش محتوای فروکتان در طوقه ملاحظه گردید، به طوری که سطوح افزایش فروکتان متناسب با طول دوره اعمال تیمار سرما بود و این روند افزایشی تا محدوده زمانی تکمیل نیاز بهاره سازی تداوم می یافت.

واژه های کلیدی: **گندم، بهاره سازی، خوگیری به سرما، تجمع قندهای محلول، تحمل سرما، تعداد نهایی برگ، تحمل انجماد، فروکتان**

مقدمه

گیاهان به علت عدم امکان جابجایی و گریز از تغییرات نامطلوب محیط پیرامون، همواره با گستره ای از تنش های غیر زیستی مواجهند و از این رو و به منظور بقاء، نیاز به تطابق با این تنش ها در این موجودات بسیار با اهمیت می باشد (Iba, 2002). فرایند

* نویسنده مسئول: رضا توکل افشاری تلفن:۰۹۱۵۱۸۲۶۲۰۹ E-mail: Tavakkol@ut.ac.ir

پاسخ گیاهان به تنشها به شیوه های گوناگون فیزیولوژیک، مورفولوژیک و متابولیک بروز می نماید. در حالیکه آب به عنوان مهمترین عامل محدودکننده تولید در گیاهان مطرح است اما دمای پایین را می توان عاملی کلیدی در تعیین محدوده گسترش و پراکنش گیاهان قلمداد نمود (Ross, 1999 & Iba, 2002; Salisbury). در واقع می توان چنین استنباط نمود که الگوی پراکنش رشد گیاهان در پهنه جهان منطبق با مناطق دمایی کره زمین است و به همین سبب دما در زمره اصلی ترین عوامل تعیین کننده پراکنش گیاهان زراعی می باشد. قابلیت بقای گیاهان در مواجهه با دماهای انجماد بسیار متفاوت است، در حالیکه گیاهان مربوط به نواحی گرمسیر و نیمه گرمسیر همچون برنج، ذرت و گوجه فرنگی دمای انجماد را تحمل نمی کنند، گیاهان نواحی معتدل نظیر گندم، جو و کلزا قادرند ضمن پذیرش هوای سرد به فعالسازی سازوکارهای ارتقاء تحمل در برابر انجماد بپردازند که از این مقوله تحت عنوان خوگیری به سرما یاد می شود. در جریان خوگیری، مراحل بسیار حائز اهمیت در مورد تحمل دماهای پایین وجود دارد که بهاره سازی خوانده می شود. از بهاره سازی به عنوان فرایندی مرتبط با برخی از گیاهان نواحی معتدل یاد می شود که بواسطه آن، مواجهه با هوای سرد در طول یک دوره زمانی مشخص، زمینه تسریع نمو و القاء یا تهییج آغازش گل در گیاهان را فراهم می آورد. هرچند که فرایند بهاره سازی عمدتاً به صورت اعمال تیمار سرما بر بذرها بیان می شود، می توان با اعمال تیمار دمای پایین در فاز رویشی گیاه زمینه تسریع گلدهی آنرا فراهم آورد (Gott, 1975; Flood & Halloran, 1986).

تکمیل نیاز بهاره سازی به عنوان عاملی اصلی در تحمل سرما در غلات طی دوره زمستان پیشنهاد گردیده است (Fowler et al., 1999; Mahfoozi et al., 2001 and 2006). در مرحله تکمیل نیاز بهاره سازی القای گذار از فاز رویشی به فاز زایشی به صورت کمترین تعداد برگ تولیدی در پنجه اصلی در پیش آغازه های مریستم انتهایی غلات زمستانه دیده می شود. در شرایط مواجهه با هوای سرد، ارقام نیازمند به بهاره سازی به تقلیل تعداد برگ تولیدی خود تا جایی ادامه می دهند که به حداقل تعداد نهایی برگ بر روی پنجه اصلی برسند که این همان نقطه تکمیل بهاره سازی است (Wang et al., 1995; Fowler et al., 1996; Mahfoozi et al., 2001) از اینرو در صورت ارزیابی تعداد برگ تولیدی در شرایط دوره های متفاوت سرمادهی، زمانی که تعداد نهایی برگ تقریباً بدون تغییر باقی می ماند می توان حدس زد که با اعمال طول دوره سرمایی مربوطه، بهاره سازی به حد تکمیل و اشباع خود رسیده است (Dellecolle, 1989; Mahfoozi et al., 2001).

روند سازش گیاه به دماهای نامساعد با انجام برخی تغییرات در فرایندهای بیوشیمیایی صورت می گیرد (Kolesnichenko et al., 2003). گیاهان به طور معمول از تمامی کربن ساختاری ذخیره شده خود استفاده نمی کنند و می توانند از بخشی از کربوهیدراتهای ذخیره ای به عنوان ذخایر کوتاه مدت یا درازمدت استراتژیک بهره برداری نمایند. شیوه های متنوعی در تولید، استفاده و یا ذخیره قندهای گوناگون ذخیره ای در متابولیسم های درون سلولی گیاه تعریف شده است. بسیاری محققین از وجود یک همبستگی مثبت بین نوع قند ذخیره ای و میزان تحمل تنش های غیر زیستی در گیاهان خبر می دهند، به طوری که افزایش محتوای قند به ارتقای تحمل در برابر این تنش ها منجر خواهد شد (Suzuki, 1989; Al-Hakimi, 1995). از فرایند تجمع قندهای محلول در آب بافتهای رویشی گیاه به عنوان پاسخ بسیاری از گونه های گیاهی در مواجهه با تنش های متنوع غیرزیستی یاد شده است (Kerespi et al., 2004). تیمار سرما افزایش قابل ملاحظه ای در محتوای قند محلول در آب سلول را سبب می شود که این موضوع با به تعادل رساندن پتانسیل آب برون سلولی همراه است چرا که از یک سو به تنظیم فشار اسمزی در سلول کمک می کند (Morgan, 1992) و از سوی دیگر به حفاظت از ساختار دولای های غشاء سلولی می پردازد (Morgan, 1992)، همچنین بروز تغییرات در محتوای قندها به دلیل ارتباط مستقیم آن با فرایندهای فیزیولوژیک در گیاه نظیر فتوسنتز و تنفس از اهمیت ویژهای برخوردار است (Va´ gu´ jfalvi, 1999). ساکارز با کمک به حفظ یکپارچگی فسفولیپیدهای غشاء در فاز کریستال مایع جایگزین مولکولهای آب شده و مانع از

بروز تغییر در ساختار پروتئینهای محلول می گردد (Farrant, 1993). گلوکز در تعامل با پروتئین ها موجب بروز واکنش مرکب گلیکوزیلاسیون بین گروههای آمینو و کربونیل که از آن به عنوان واکنش مایلارد یاد می شود می گردد (Kerespi et al., 1996).

فروکتان ها به عنوان یکی از الیگوساکاریدهای مشتق از ساکارز در کنار ایفای نقش کربوهیدرات ذخیرهای در گیاه، به ایفای نقش در مراحل متابولیک متأثر از تنش نیز می پردازند (Housley & Pollock, 1993). فروکتان ها در مقادیر زیاد در شرایط دمای پایین در برخی از گیاهان خانواده گرامینه تجمع می یابند (Wagner and Weimken, 1986; Galiba et al., 1995) که ممکن است این امر به واسطه کاهش تقاضای محصولات فتوسنتزی ناشی از رکود رشد گیاه در شرایط دمای پایین باشد. هرچند رابطه بین متابولیسم فروکتان ها و تنظیم اسمزی سلول هنوز درهاله ای از ابهام قرار دارد اما حضور قندهای ساختاری پایه یعنی گلوکز، فروکتوز و ساکارز در تشکیل دیگر قندها طی فرایند متابولیسم فروکتان ممکن است دال بر نقش محوری این قند در فرایند سازگاری گیاه به شرایط تنش قلمداد گردد. تنش بلند مدت منجر به افزایش غلظت قندهای محلول و کاهش مقادیر نشاسته در گیاه می شود (Silva & Arrabaka, 2004). براساس فرضیه جایگزینی کربوهیدرات با آب، در صورت بروز پسابیدگی سلول مولکول های قند جایگزین مولکول های آب شده و مانع از امتزاج غشاهای سلولی می گردند، علاوه بر آن، قندها در دماهای پایین از تغییر فاز سیال غشاء به حالت ژلاتینی نیز ممانعت به عمل می آورند که در نتیجه حالت ساختار طبیعی دولایه ای در غشاء مصون میماند (Ohtake et al., 2006). در برخی مطالعات از نسبت تقریبی ۱ واحد قند (گلوکز یا ساکارز) به ازای هر۱/۵ مولکول چربی در بیشترین حد حفاظتی در شرایط تنش حکایت دارد. ساکارز ممکن است از طریق تعامل با غشاء پلاسمایی سلول در پیشگیری از بروز پسابیدگی، بر مقاومت سلول در شرایط تنش بیافزاید و یا اینکه در چنین شرایطی به کنترل تأثیر منفی پلاسمولیز بر دیواره سلولی کمک نماید. در قیاس با دیگر عوامل محافظت کننده غشاء، ثابت شده که حفاظت غشاهای سلولی توسط قندها رابطه نزدیکتری با قابلیت شیشه ای شدن غشاء طی فرایند از دست رفتن آب آن دارد که طبق معادله فاکس- فلوری (Oliver et al., 2002) وزن مولکولی قند در ایفای این نقش بی تأثیر نخواهد بود. جالب توجه اینکه فروکتان ها تنها گروهی از پلی ساکاریدها هستند که قادرند در چنین وضعیتی همسان با دی ساکاریدها و گروه رافینوز از دسته اولیگوساکاریدها به تعامل با مولکول های چربی بپردازند (Oliver et al., 2002). فروکتان ها در شرایط پسابیدگی غشاء به ثبات هرچه بیشتر حالت دو لایه ای غشاء کمک می کنند (Hincha et al., 2000).

هر چند تاکنون گزارش هایی در زمینه ارتباط انباشت قندها و میزان تحمل به انجماد بر روی گندم ارائه گردیده است، اما در این پژوهش ها به مقوله ارتباط تغییرات نموی و طول دوره تکمیل نیاز بهاره سازی گندم با انباشت قندها و میزان تحمل گیاه به سرما پرداخته نشده بود.

در همین راستا این پژوهش به منظور بررسی ارتباط تجمع قندها و پاسخ نیاز بهاره سازی با میزان تحمل سرما در چهار رقم مختلف گندم نان دارای نیازهای متفاوت بهاره سازی پرداخته و نیز ارتباط این فرایندها را با مرحله نمو گیاه و دوره گذار از فاز رویشی به زایشی بررسی شده است. به منظور تفکیک تاثیر هر یک از عوامل تنش سرما، طول روز و خوگیری به دمای پایین بر صفات مورد ارزیابی، این پژوهش در شرایط محیط کنترل شده و نیز در شرایط مزرعه به مورد اجرا درآمد.

مواد و روش ها

در این پژوهش تعداد چهار رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.) شامل نورستار(رقم دیررس حاصل از تلاقی بین ارقام وینولتا (Vinolta) و آلباسکاجا (Albaskaja) که در سال ۱۹۷۷ در کشور کانادا معرفی گردید) رقمی بسیار متحمل به سرما و انجماد با تیپ رشد زمستانه و نیاز درازمدت بهاره سازی، رقم شهریار (با شجره Kvz/Ti71/3/Maya"s"//Bb/Inia/4/Karaj2/5/Anza/3/ Pi/Nar//Hys. نسبتاً دیررس، انتخابی از دورگ‌های داخلی. سال معرفی ۱۳۸۱) با تیپ رشد زمستانه و

دیررس و نیاز میان مدت بهاره سازی، رقم الوند (با شجره 1-27-6275/cf1770. نسبتاً دیررس، انتخابی از دورگ‌های داخلی. سال معرفی ۱۳۷۴) با تیپ رشد بینابین و نیاز کوتاه مدت بهاره سازی و رقم کویر (با شجره Stm/3/Kal/V534/Jit716 . زودرس، انتخابی از دورگ‌های داخلی. سال معرفی ۱۳۷۶) با تیپ رشد بهاره بدون نیاز بهاره سازی مورد اعمال تیمار و ارزیابی قرار گرفتند.

محیط رشد گیاهان

این پژوهش در دو شرایط رشدی متفاوت شامل محیط کنترل شده و نیز در مزرعه موسسه نهال و بذر وزارت جهاد کشاورزی واقع در کرج در سال۱۳۸۵و ۱۳۸۶به شرح ذیل اجرا گردید:

محیط کنترل شده

ابتدا بذرها توسط محلول قارچکش تیرام به نسبت نیم در هزار ضدعفونی شد آنگاه در دستگاه ژرمیناتور در دمای ۱±۱۹ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت در شرایط تاریک و به روش استقرار بین کاغذهای صافی مرطوب، جوانه دار شدند. بذرهای جوانه دار همسان از جنبه وضعیت رشد ریشه چه و ساقه چه، در گلدانهای سفیدرنگ به قطر ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع ۲۵ سانتیمتر در محیط رشد کنترل شده با دمای ۱±۱۹ درجه سانتیگراد، رطوبت ۶۵ % و طول روزهای بلند ۱۶ ساعته با شدت تشعشع ۴۰۰ مایکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه (μE) در اتاقک رشد تا مرحله سه برگی (Z=۱۳/۲۱) (زیداکس و همکاران، ۱۹۷۴) رویش یافتند که این مرحله به عنوان مرحله استقرار اولیه در غلات مورد اهتمام محققین است. تعداد بوته در هر گلدان ۱۲ عدد و هر واحد آزمایش مشتمل بر ۱۲ گلدان بود. به منظور اعمال تیمار خوگیری به دمای پایین در دوره های متفاوت (۰، ۲، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۴۲، ۵۶، ۷۰ روز) گلدان ها به اتاقک رشد با دمای سرد ۱±۳ درجه سانتیگراد و طول روز بلند (۱۶ ساعت) مشابه با شدت تشعشع (μE)۲۵۰ منتقل شدند. این آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید بطوریکه گلدان ها طی دوره رشد مرتباً در اتاقک رشد جابجا می شدند. در دوره های یاد شده، نمونه گیری صفات مربوط به تعیین وضعیت مریستم انتهایی ساقه، نیاز بهاره سازی، تحمل سرما، محتوای آب و محتوای قند طوقه و برگ انجام گرفت.

شرایط مزرعه

پس از آغشته نمودن بذرها به قارچ کش تیرام به نسبت ۲/۵ در هزار بذرها در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، با مشخصات ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۱۶ متر از سطح دریا، بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در مورخ ۲۰ مهرماه سال ۱۳۸۵ خورشیدی کشت گردید، عملیات خاکورزی، تهیه بستر کاشت، تراکم، تغذیه و مبارزه با آفات، بیماریها و علفهای هرز مبتنی بر اصول متداول اجرا گردید.

طی فصول پاییز و زمستان سال زراعی ۸۵/۸۶ نمونه گیری صفات مربوط به تعیین وضعیت مریستم انتهایی ساقه، نیاز بهاره سازی، تحمل انجماد، محتوای آب و محتوای قند طوقه و برگ در فرصت های مناسب با توجه به طول دوره و داده های هواشناسی انجام گرفت ضمن آنکه دماهای کمینه و بیشینه روزانه هوا و کمینه دمای روزانه خاک در عمق ۵ سانتی متری از اوایل مهرماه تا اواخر فروردین ماه یادداشت برداری گردید.

ارزیابی روند تحمل به انجماد (آزمون انجماد)

جهت تعیین قابلیت تحمل به انجماد در گیاهان از روش پیشنهادی (Limin & Fowler, 1998) با تعیین LT50 و ارتباط آن با طول دوره بهاره سازی در شرایط محیط کنترل شده و نیز در مزرعه به صورت جداگانه بهره گرفته شد. روش LT50 برگرفته از سری دماهای انجمادی است که در آن حداقل ۵۰ % بوته ها در دمای مزبور از بین می روند.

تعیین نیاز بهاره سازی

برای تعیین نیاز بهاره سازی، پس از اعمال تیمارهای بهاره سازی در اتاقک سرد (۰، ۲، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۴۲، ۵۶، ۷۰ روز) با شدت تشعشع ۲۵۰ مایکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه و یا طی دوره مورد نظر در شرایط مزرعه، تعداد شش بوته برای هر تکرار و رقم به محیط اتاقک رشد با شرایط نرمال (دمای ۱+۱۹ درجه

سانتیگراد، رطوبت ۶۵ % و طول روزهای بلند ۱۶ ساعته با شدت تشعشع ۴۰۰ مایکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه) منتقل شده و تا موعد ظهور برگ پرچم تعداد برگ روی پنجه اصلی به طور متوالی شمارش و بر این اساس تعداد نهایی برگ به عنوان شاخص فیزیولوژیک جهت ارزیابی نیاز بهاره سازی برای هر رقم و متأثر از نوع تیمار بهاره سازی اعمال شده، تعیین گردید.

تکمیل بهاره سازی زمانی بود که تعداد نهایی برگ بر روی پنجه اصلی ثابت مانده و پس از آن کاهشی در تعداد آن روی ساقه اصلی مشاهده نگردید (Mahfoozi et al., 2006).

وضعیت توسعه مریستم انتهایی ساقه

به منظور ارزیابی وضعیت نمو در مریستم انتهایی ساقه و تعیین وهله گذار فیزیکی از فاز رویشی به زایشی، تعداد پنج بوته را در هر دوره تیمار سرمادهی در شرایط تحت کنترل و یا موعد نمونه گیری در شرایط مزرعه به ازای هر تکرار و رقم، انتخاب نموده و با تشریح بوته و با استفاده میکروسکوپ به ارزیابی دقیق وضعیت نمو در محل مریستم انتهایی ساقه اقدام می گردید. نکته مهم در این مرحلـــه تعیین وضعیت رویشی، برجستگی واحد و نیز برجستگی دوگانه به عنوان نماد وضعیت فیزیکی انتقال از مرحله رویشی به زایشی در نظر گرفته شد (Sassani et al., 2009).

محتوی قند طوقه و برگ

برای اندازه گیری غلظت قندهای محلول در نمونه های طوقه و برگ ابتدا نمونه ها را به منظور خشک نمودن، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد و پس از خروج نمونه‌ها و استقرار در دسیکاتور – جهت خنک شدن بدون جذب رطوبت هوای پیرامون- آن‌ها را مجدداً توزین کرده و محتوای رطوبت نسبی بر اساس فرمول زیر برآورد می‌گردید.

$$\left[MoistureContent = \frac{FreshWight - DryWeight}{DryWeight} \right]$$

پس از خشک کردن نمونه هاز شـده و سـپس بـه روش فنل سولفوریک اسید (AOAC, 1995) جهـت تعیـین محتوای قند کل استفاده گردید. تعیین قندهای محلول گلـوکز، فروکتـوز و سـاکارز بـا بهـره گیـری ازدستگاه(Knauer, Germany) HPLC انجام گرفت.

در این آزمایش قندهای مورد نظر توسط دستگاه بـا ستون مخصوص (دمای ستون : ۲۵ درجـه سـانتیگراد) ، حلال اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال با شدت جریان یـک میلی‌لیتر بر دقیقه تفکیک و انـدازه‌گیـری شـدند. بـرای کمـی کـردن مقـادیر بـه دسـت آمـده توسـط دسـتگاه، غلظت‌های مختلف هر یک از قندهای گلوکز، فروکتـوز و ساکارز به دسـتگاه داده شـد و بعـد از بـه دسـت آوردن رابطه بین مساحت زیر منحنی دستگاه و غلظت، مقـادیر کمّی هریک از قندها محاسبه گردید. اندازه گیری غلظت فروکتـان هـا (پلیمرهـای فروکتـوز) بـر اسـاس روش هیدرولیز این قندها با بهـره گیـری مجـدد از دسـتگاه HPLC (Knauer, Germany) انجـام گرفـت. ابتـدا در نمونه های مورد بررسی، غلظت گلوکز، فروکتوز و ساکارز تعیین شد، آنگاه از پرکلریک اسید به عنوان عامل تجزیه فروکتان ها و ساکارز به واحدهای سازنده شان اسـتفاده گردید.

با تجزیه فروکتان هـا و سـاکارز توسـط پرکلریـک اسید، میزان افزایش غلظت فروکتوز نشان دهنده غلظت فروکتان ها و ساکارز می باشد و متعاقب آن با کم کردن سهم ساکارز و گلـوکز اولیـه موجـود در نمونـه، غلظـت فروکتان ها به دست آمد (Dubois et al., 1990).

تجزیه آماری نتایج

قبل از انجام محاسبات آماری داده ها با استفاده از نرم افزار Minitab، نرمال بودن واریانس خطاهای آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه آماری نتایج آزمایش در شرایط مزرعه به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی، در سه تکرار با چهـــار ژنوتیپ در هفت مرحله نمونه گیری و در محیط کنترل شده فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار با چهار ژنوتیپ و نه دوره بهاره سازی انجام گرفت. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای آماری SPSS ، MSTATC و SAS و برای رسم نمودارها و جدولها نیز از نرم افزار Word و Excel استفاده شد.

بعد از انجام تجزیه واریانس توسط نرم افزارهای مربوطه، میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج

بهاره سازی، گلدهی و نمو فنولوژیک

ارزیابی موعد گلدهی در این پژوهش با بررسی تعداد نهایی برگ بر روی پنجه اصلی بوته ها درمزرعه (شکل ۱ الف) و نیز در محیط کنترل شده (شکل ۱ ب) انجام گرفت که به چگونگی پاسخ ارقام به طول دوره بهاره سازی و روند تکمیل آن می پرداخت، ضمن آنکه فنولوژی نمو ارقام نیز در جدول یک آورده شده است. تعداد نهایی برگ در رقم بهاره کویر تحت تأثیر دوره های بهاره سازی قرار نگرفت، به طوری که این تعداد در مزرعه قریب به ۸/۳ و در محیط کنترل شده ۶/۱ برگ بود و این تعداد در طول دوره اعمال تیمارهای سازگاری با سرما دستخوش تفاوتی معنی داری قرار نگرفت (شکل ۱ الف و ب). توسعه مریستم انتهایی ساقه و گذار از فاز رویشی به زایشی به سرعت در این رقم محقق گردید، به طوری که بروز برجستگی دو گانه به عنوان نماد حضور در فاز زایشی در محیط کنترل شده پس از ۷ روز اعمال تیمار سرما و در مزرعه در اواخر پاییز رخ داد (جدول ۱). در رقم بینابین الوند تعداد نهایی برگ در محیط کنترل شده از ۱۱/۷ در تیمار شاهد به ۹/۷ برگ در بین ۲۱-۱۴ روز اعمال تیمار سرما تنزل یافت، اماتوسعه بیشتر تیمار انطباق با سرما تغییری معنی دار در تعداد برگ بر جای ننهاد، ضمن آن که ظهور برجستگی دو گانه در مریستم انتهایی ساقه طی مدت ۴۲ روز استقرار در اتاق سرد روی داد. در مزرعه، تعداد نهایی برگ این رقم از ۱۲/۵ به ۱۰/۴ عدد در اواخر پاییز رسید و پس از آن تغییری معنی دار در این تعداد ملاحضه نشد و بروز برجستگی دو گانه در اوایل زمستان روی داد. سر آغاز افول نهایی برگ در ارقام زمستانه از تیمار هفت روزه سرمادهی بود که در شرایط کنترل شده حداقل تعداد برگ درنمونه گیری های بین ۲۸ و ۴۲ روز برای رقم شهریار و بین ۴۲ تا ۵۶ روز برای رقم نورستار ثبت گردید. در رقم شهریار این تعداد از ۱۸/۴ در شاهد به ۱۱/۴ عدد برگ تنزل یافت و برجستگی دو گانه نیز پس از ۵۶ روز مشاهده گردید و در رقم نورستار تعداد نهایی برگ روی ساقه اصلی از ۲۳/۱ در شاهد به ۱۱/۴ عدد برگ تقلیل یافت و برجستگی دو گانه نیز پس از ۹۸ روز حضور در اتاق سرد رویت گردید.

در مزرعه تعداد نهایی برگ رقم شهریار از ۱۷/۷ به ۱۰/۷ و در رقم نورستار از ۲۲/۳ به ۱۱/۶ کاهش یافت و مشاهده برجستگی دو گانه آن ها به ترتیب در نیمه دوم زمستان و اوایل بهار محرز شد. نتایج به دست آمده از شرایط کنترل شده با نتایج مزرعه مطابقت و مشابهت داشت و بررسی وضعیت مراحل نمو فنولوژیک نیز بر نتایج به دست آمده از ارزیابی تعداد نهایی برگ صحه گذاشت.

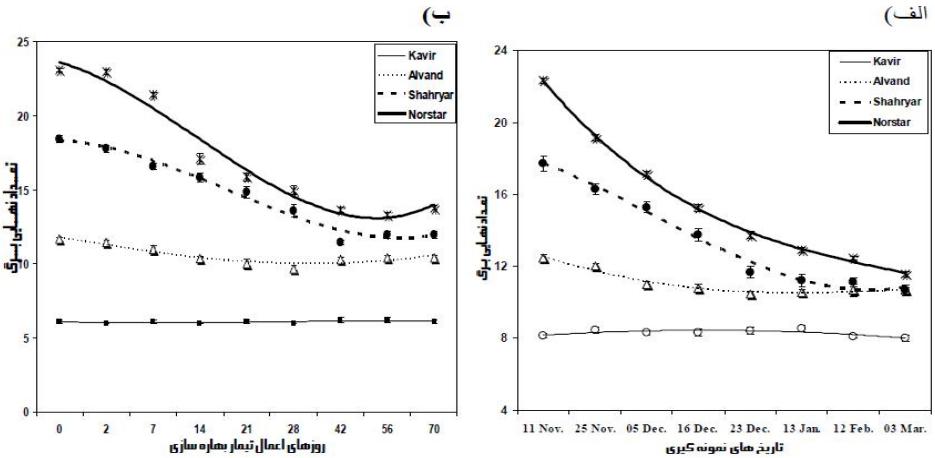
جدول ۱- وضعیت نمو فنولوژیک ارقام گندم در شرایط محیط تحت کنترل اتاق سرد و نیز در مزرعه

مزرعه		اتاق سرد		
برجستگی دوگانه	برجستگی واحد	برجستگی دوگانه	برجستگی واحد	نام رقم
۵- دسامبر	۱۱- نوامبر	روز هفتم	بدو استقرار	کویر
۱۳- ژانویه	۱۶- دسامبر	روز چهل و دوم	روز بیست و یکم	الوند
۱۵- فوریه	۲۳- دسامبر	روز پنجاه و ششم	روز بیست و هشتم	شهریار
۲۶- مارس	۱۳- ژانویه	روز نود و هشتم	روز چهل و دوم	نورستار

روند بیان تحمل به انجماد

در مزرعه (شکل ۲ الف) تغییرات حاصل در میزان تحمل رقم بهاره کویر چندان قابل ملاحظه نبود، به طوریکه شاخص LT_{50} در این رقم طی پاییز کاهش تدریجی اما غیر معنی دار داشت، آنگاه پس از افزایشی جزئی، این شاخص طی نیمه دوم پاییز تا اواخر زمستان تقریباً ثابت ماند. در رقم بینابین الوند و نیز در ارقام زمستانه شهریار و نورستار این شاخص در پاییز روند کاهشی داشت که به معنای افزایش میزان تحمل به تنش دمای پایین است، به نحوی که در انتهای پاییز به کمترین مقدار خود رسید، در حالی که در طول زمستان با روندی تدریجی افزایش یافت. در مجموع پایینترین حد شاخص LT_{50} نورستار، شهریار، الوند و کویر به ترتیب ۱۸/۷-، ۹/۳-، ۶/۷-، و ۳/۷- درجه سانتی گراد

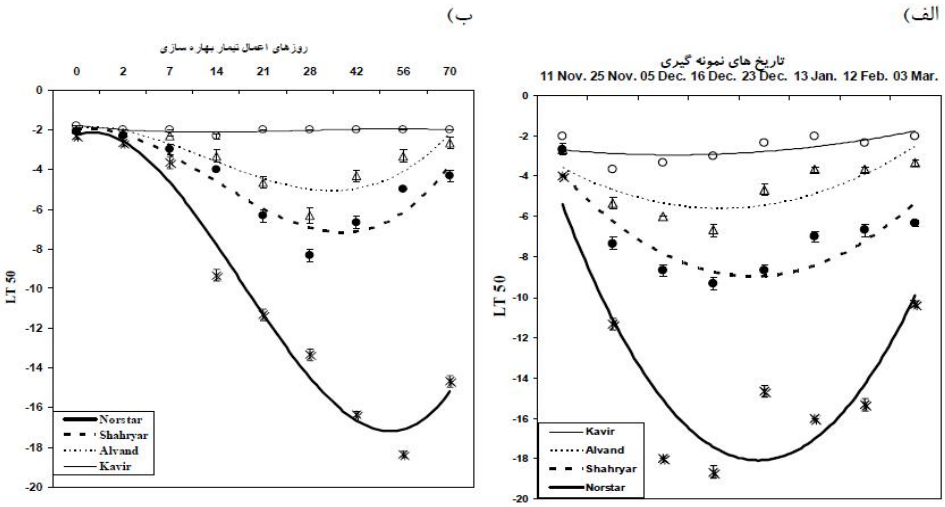
به ثبت رسید که تقریبا مصادف با محدوده های زمانی تکمیل بهاره سازی این ارقام بود.



شکل ۱- تعیین نیاز بهاره سازی در شرایط مزرعه و کنترل شده ارقام گندم کویر، الوند، شهریار و نورستار.

الف) تعداد نهایی برگ (FLN) درمزرعه (۳۵ درجه و ٥٦ دقیقه عرض شمالی، ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۱٦ متر از سطح دریا). بوته ها پس از تحمل هر دوره بهاره‌سازی طی پاییز و زمستان، به محیط کنترل شده با طول روز بلند و دمای ۱±۱۹ منتقل شدند.(LSD = 0.23)

ب) تعداد نهایی برگ (FLN) در محیط کنترل شده مربوط به شرایط شاهد (دمای ۱±۱۹ درجه سانتیگراد، رطوبت ٦٥٪ و طول روزهای بلند ١٦ ساعته با شدت تشعشع ٤٠٠ مایکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه) در مقایسه با اتاق سرد (دمای ۱±۳ درجه سانتیگراد و طول روز بلند ١٦ ساعته با شدت تشعشع ۲۵۰ مایکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه) تحت دوره‌های بهاره‌سازی متفاوت (۲، ۷، ١٤، ۲۱، ۲۸، ٤۲ ، ٥٦ و ۷۰ روز). بوته ها پس از تحمل هر دوره بهاره‌سازی در اتاق سرد، به محیط کنترل شده با طول روز بلند و دمای ۱±۱۹ درجه سانتیگراد منتقل شدند .(LSD = 0.18)



شکل ۲- روند بیان تحمل به انجماد (LT50) در ارقام گندم کویر، الوند، شهریار و نورستار.

الف) LT_{50} در مزرعه (۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی، ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۱۶ متر از سطح دریا)(LSD = 0.50)

ب) LT_{50} در محیط کنترل شده(دمای ۱±۳ درجه سانتیگراد و طول روز بلند به مدت ۱۶ ساعت با شدت تشعشع ۲۵۰ مایکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه) تحت دوره‌های بهاره‌سازی متفاوت (۲، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۴۲ ، ۵۶ و ۷۰ روز) (LSD = 0.44)

در محیط کنترل شده (شکل ۲ ب) نیزنتایج مشابهی به دست آمد، وضعیت شاخص LT_{50} برای رقم بهاره کویر بدون تغییر معنی دار قریب به ۲- درجه سانتی گراد طی دوره تیمارهای انطباق با سرما در اتاق سرد باقی ماند. اما در ارقام دیگر این شاخص از روز دوم استقرار در اتاق سرد رو به افول نهاد (افزایش میزان تحمل) به طوری که مقادیر ۱۸/۳-، ۸/۳-، و ۶/۳- درجه سانتی گراد برای ارقام نورستار، شهریار و الوند به ترتیب

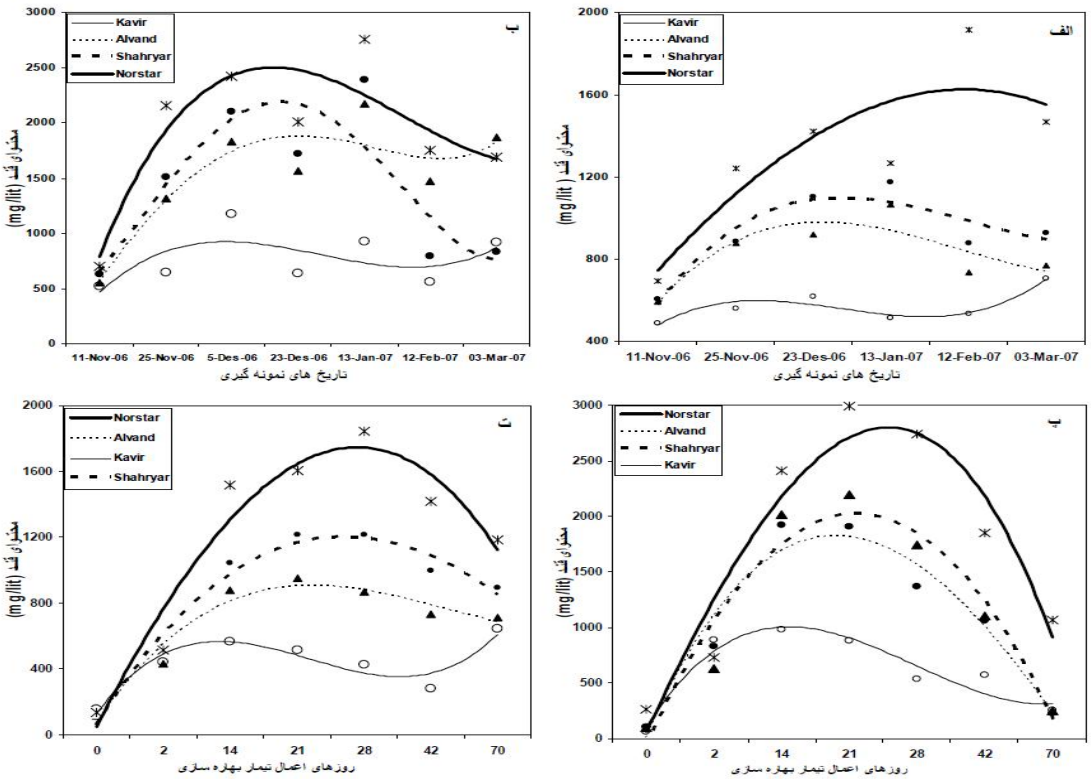
در ۵۶، ۲۸ و ۲۸ روز اعمال تیمار بهاره سازی به ثبت رسید.

روند تغییرات کربوهیدرات های محلول

سیر تجمع قند در بافتهای طوقه و برگ در شرایط کنترل شده و نیز در مزرعه در شکل ۳ نشان داده شده است. در مزرعه در ارقام زمستانه و بینابین محتوای قند کل در هر دو بافت برگ و طوقه طی فصل پاییز رو به افزایش نهاد بطوری که بیشترین میزان قند محلول در ارقام الوند و شهریار برای هر یک از بافتهای طوقه و برگ در اواخر پاییز و اوایل زمستان دیده شد، اما این روند افزایشی در طوقه برای رقم زمستانه نورستار تا نیمه زمستان تداوم یافت. در رقم بهاره کویر، تغییری معنی دار در محتوای قند طوقه ملاحظه نگردید اما در بافت برگ، روند تغییر تا اواخر پاییز و اوایل زمستان افزایشی بود و پس از آن تنزل یافت (شکل ۳، الف و ب).

در شرایط محیط کنترل شده، روند تغییرات کربوهیدرات های محلول در هر دو بافت مشابه بود. با افزایش مدت زمان استقرار در اتاق سرد، محتوای قند طوقه در همگی ارقام افزایش یافت، دررقم بهاره کویر بیشترین سطوح تجمع قند پس از ۱۴ روز استقرار در اتاق رشد سرد و برای دیگر ارقام این وضعیت پس از ۲۱ روز اتفاق افتاد.

بیشترین سطوح میزان قند در بافت برگ پس از استقرار به مدت ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۲۸ روز استقرار در اتاق سرد، به ترتیب در ارقام کویر، الوند، شهریار و نورستار ثبت گردید (شکل ۳، پ و ت).



شکل ۳-تغییرات محتوای قند محلول تحت تیمارهای متفاوت سرمادهی در ارقام گندم کویر، الوند، شهریار ونورستار (میلی گرم بر لیتر).

الف) نمونه‌های مربوط به طوقه گیاهان در مزرعه (LSD = 80.75).

ب) نمونه‌های مربوط به برگ گیاهان در مزرعه (LSD = 90.38).

پ) نمونه‌های مربوط به طوقه گیاهان در شرایط محیط کنترل شده (LSD = 78.93).

ت) نمونه‌های مربوط به برگ گیاهان در شرایط محیط کنترل شده (LSD = 53.23).

تغییرات در محتوای قند همسو با روند تحمل انجماد در شرایط مزرعه بود. نتایج ارزیابی سطوح گلوکز، فروکتوز، ساکارز و فروکتان در بافت طوقه در شرایط مزرعه در جدول شماره ۲ آورده شده است. در رقم بهاره

کویر میزان گلوکز طی فصل پاییز تغییری نیافت اما بتدریج در فصل زمستان رو به افزایش نهاد. میزان فروکتوز در طول فصل پاییز از روندی مشابه با گلوکز تبعیت نمود. اما در فصل پاییز با تغییراتی مواجه بود. تجمع ساکارز در فصل پاییز رو به کاستی نهاد اما به میزان قابل ملاحظ های در فصل زمستان بر سطوح آن افزوده شد. میزان فروکتان در طول پاییز تغییر چندانی نیافت اما با پیشرفت فصل زمستان به طور معنی داری از میزان آن کاسته شد. در رقم الوند با نیاز کوتاه مدت بهاره سازی محتوای گلوکز در فصل پاییز تغییری نیافت، به طوری که این ثبات وضعیت تا نیمه های زمستان نیز تداوم یافت اما پس از آن با روندی افزایشی مواجه شد. محتوای فروکتوز در حد معنی داری در فصل پاییز افزایش یافت آنگاه با شروع زمستان به تدریج کاهش یافت و این کاهش به صورتی معنی دار در نیمه زمستان تظاهر یافت. محتوای ساکارز در فصل پاییز از تغییری قابل ملاحظه برخوردار نبود اما در طول زمستان به تدریج روندی افزایشی را دنبال کرد. فروکتان نیز طی پاییز به میزانی معنی دار افزایش یافت ولی در زمستان به تدریج با روندی کاهشی روبرو شد.

جدول ۲- تغییرات ترکیبات متفاوت قند گلوکز، فروکتوز، ساکارز و فروکتان بر حسب میلی مول بر گرم ماده خشک، در نمونه های طوقه تحت تیمارهای متفاوت سرمادهی در شرایط مزرعه مربوط به ارقام گندم کویر، الوند، شهریار و نورستار. اعداد ارائه شده شامل میانگین ± اشتباه استاندارد می باشد.

	کویر				الوند			
	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان
۲۵ نوامبر	1.93±0.09	1.39±0.14	4.35±0.67	5.74±0.95	0.91±0.08	3.68±0.25	6.39±1.31	9.11±0.23
۲۳ دسامبر	0.83±0.08	1.60±0.07	5.54±0.53	5.65±1.46	1.20±0.17	2.32±0.15	11.35±0.6	11.66±2.00
۱۳ ژانویه	1.44±0.30	2.55±0.75	4.85±0.87	3.78±0.74	2.61±0.12	2.15±0.15	8.07±0.67	10.16±0.33
۱۲ فوریه	3.60±0.63	3.16±0.41	3.45±1.29	2.65±0.70	3.65±0.92	3.72±0.84	3.95±0.64	6.95±0.69

	شهریار				نورستار			
	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان
۲۵ نوامبر	1.80±0.01	2.76±0.18	10.88±0.55	8.90±0.41	2.91±0.51	3.57±0.77	10.88±1.68	13.65±0.90
۲۳ دسامبر	1.68±0.16	1.53±0.14	12.22±0.35	11.36±1.06	2.48±0.16	1.86±0.29	14.27±0.90	18.09±0.22
۱۳ ژانویه	3.25±0.10	1.84±0.09	14.08±1.88	15.81±0.86	4.24±0.23	1.73±0.13	19.92±0.81	22.16±2.39
۱۲ فوریه	4.99±0.99	3.70±0.41	7.66±1.21	9.65±0.95	2.15±0.07	3.44±0.13	10.45±1.74	16.25±1.47

در رقم زمستانه شهریار از سطوح گلوکز در پاییز کاسته شد اما در زمستان رو به فزونی نهاد، محتوای فروکتوز در پاییز افزایش یافت که این روند تزایدی تا نیمه زمستان تداوم یافته وسپس رو به افول نهاد. تغییر محتوای ساکارز در پاییز چندان معنی دار نبود اما در زمستان افزایش یافت و محتوای قند فروکتان طی پاییز تا نیمه زمستان از روندی افزایشی برخوردار بود و آنگاه رو به کاهش نهاد. در رقم نورستار محتوای گلوکز در پاییز با روندی رو به نقصان و معنی دار توأم بود، این کاهش تا نیمه زمستان تداوم یافت آنگاه شروع به رشد نمود. تغییرات محتوای فروکتوز طی پاییز تا نیمه زمستان از روندی افزایشی برخوردار بود سپس با کاهشی ناگهانی مواجه گشت. محتوای ساکارز در طول پاییز تغییر معنی داری نداشت اما با شروع زمستان افزایش یافت که این روند افزایشی تا نیمه های زمستان تداوم یافت، درخصوص فروکتان مقدار آن در طول پاییز به سرعت افزایش یافت که این روند سریع افزایشی تا نیمه های زمستان ادامه یافت سپس نزول مقادیر آن آغاز گردید.

در شرایط کنترل شده (جدول ۳) با توسعه دوره استقرار بوته های رقم بهاره کویر در اتاق سرد میزان گلوکز با روندی کاهشی مواجه گردید، سطوح فروکتوز ابتدا با کاهش مواجه شد سپس بدون تغییر باقی ماند، میزان ساکارز از روندی نزولی مشابه با گلوکز پیروی کرد

و محتوای فروکتان تا ۱۴ روز استقرار در اتاق سرد از رشدی نسبی برخوردار بود و آنگاه تا پایان دوره نسبتاً بدون تغییر ماند. در رقم بینابین الوند با تداوم دوره سرمادهی میزان گلوکز تا ۱۴ روز استقرار در اتاق سرد (۱±۳ درجه سانتیگراد) کاهش یافت، سپس بدون تغییرباقی ماند. سطوح فروکتوز نیز طی دو هفته نخست استقرار در اتاق سرد از روندی کاهشی برخوردار بود و آنگاه با افزایشی جزئی مواجه گردید و در ادامه بدون تغییر باقی ماند. محتوی ساکارز نیز طی دو هفته نخست از روندی کاهشی برخوردار بود و سپس بدون تغییر ماند. روند افزایش در میزان فروکتان تا سه هفته تیمار سرمادهی تداوم یافت و پس از آن بدون تغییر باقی ماند .در رقم زمستانه شهریار طی دو هفته نخست استقرار در اتاق سرد محتوای گلوکز کاهش یافت آنگاه بدون تغییری معنی دار نسبتاً ثابت ماند. از میزان فروکتوز طی دو هفته نخست استقرار در اتاق سرد کاسته شد تا هفته سوم تقریباً ثابت ماند، آنگاه مجدداً روند کاهشی آن آغاز گردید. محتوای ساکارز نیز طی دو هفته نخست دچار کاهش شد آنگاه با اندکی افزایش مواجه شد و پس از آن نسبتاً بدون تغییر باقی ماند. محتوای فروکتان طی چهار هفته نخست استقرار بوته ها در اتاق سرد به میزان قابل ملاحظه ای افزایش یافت. در رقم نورستار میزان گلوکز طی دو هفته نخست نقصان یافت سپس تا هفته سوم با افزایشی ناچیز مواجه گردید و آنگاه ثابت ماند. کاهشی ناگهانی در سطوح فروکتوز طی دو هفته نخست استقرار در اتاق سرد مشاهده شد، متعاقب آن کاهشی جزئی در آن به وقوع پیوست و سپس بدون تغییر باقی ماند. میزان ساکارز در دو هفته آغازین اعمال تیمار سرما به سرعت کاهش یافت آنگاه تا هفته سوم با افزایش مواجه بود و پس از آن بدون تغییر ماند. محتوای قند فروکتان از روندی تزایدی برخوردار بود که این روند از هفته سوم به بعد از شتابی چشمگیر برخوردار گشت.

جدول ۳: تغییرات ترکیبات متفاوت قند گلوکز، فروکتوز، ساکارز و فروکتان بر حسب میلی مول بر گرم ماده خشک، در نمونه های طوقه تحت تیمارهای متفاوت سرمادهی در محیط تحت کنترل مربوط به ارقام گندم کویر، الوند، شهریار و نورستار. اعداد ارائه شده شامل میانگین ± اشتباه استاندارد می باشد

تیمار سرمادهی	کویر				الوند			
	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان
۲ روز	2.78±0.34	4.12±0.10	10.17±0.25	0.73±0.18	3.26±0.18	3.68±0.28	12.45±0.30	1.25±0.33
۱۴ روز	2.13±0.41	1.56±0.19	6.71±0.96	2.70±0.70	2.06±0.15	0.58±0.06	7.50±0.52	3.09±0.41
۲۱ روز	1.52±0.21	0.80±0.04	6.74±1.04	3.22±0.35	2.04±0.15	0.89±0.17	10.65±0.92	9.05±0.98
۲۸ روز	.....	.....	.....	.....	1.39±0.17	0.77±0.13	6.35±0.40	10.77±1.62
۴۲ روز	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

	شهریار				نورستار			
	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان	ساکارز	گلوکز	فروکتوز	فروکتان
۲ روز	2.86±0.13	3.98±0.59	13.85±0.46	3.63±0.41	4.28±0.34	8.65±0.54	15.65±0.26	5.35±0.70
۱۴ روز	1.61±0.33	0.82±0.12	10.42±0.61	8.77±1.57	1.00±0.12	1.79±0.15	9.43±0.38	11.66±0.87
۲۱ روز	2.20±0.24	0.94±0.06	10.95±0.79	13.44±0.70	2.95±0.19	1.78±0.14	14.51±2.08	13.01±1.06
۲۸ روز	1.41±0.21	0.76±0.07	7.15±0.49	16.50±0.72	2.16±0.19	0.59±0.13	8.74±1.00	27.66±0.29
۴۲ روز	.....	.....	.....	.....	2.67±0.11	1.04±0.12	8.47±0.75	41.77±7.45

بحث

بهاره سازی فرایندی است نیازمند دماهای پایین، به طوری که دمای بهینه این فرایند حدود ۳ درجه سانتی گراد گزارش شده است (Wang et al., 1995، Rawson et al., 1998). طی دوره خوگیری به سرما ویژگی های فنولوژیک و صفات فیزیولوژیک بسیاری همچون انباشت

قندها، محتوی رطوبت بافت های مختلف و ترکیبات و متابولیت های محافظت کننده گیاه دستخوش تغییر و تحول می گردد.

اندازه گیری میانگین دماهای روزانه هوا و خاک در ایستگاه هواشناسی کرج در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ نشان داد که ، به تغییرات دمای هوا از ۱۵ تا ۱۱/۴- درجه سانتی گراد و دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری از ۱۵ تا ۲- درجه سانتی گراد متغیر بود، به طوری که در مورخ ۲۲ ژانویه دمای هوا به حداقل ۱۱/۴- درجه سانتی گراد رسید. در این ماه دمای هوا در اکثر شب ها (حدود ۲۰ شب) زیر صفر بود. کمینه دمای خاک نیز به ۲- درجه سانتی گراد رسید. بروز چنین شرایط دمایی که در مناطق سرد و کوهستانی شمال غرب کشور متداول است زمینه ای مناسب را برای تکمیل نیاز بهاره سازی و نیز خوگیری به سرما در گیاه فراهم می آورد.

در پژوهش حاضر، ارقام گندم عکس العمل متفاوتی به شرایط بهاره سازی نشان دادند. رقم نورستار که به دلیل نیاز بهاره سازی طولانی مدت، در زمره ارقام سازگار به مناطق بسیار سرد با زمستان طولانی به شمار می آید در برخی از مناطق سرد ایالت ساسکاچوان کانادا کشت می گردد (Fowler et al., 1996). در تحقیق حاضر نیز در منطقه کرج دارای طولانی ترین نیاز بهاره سازی بود. در مقابل ارقام گندم متداول در مناطق معتدل سرد و سرد کشور، مانند شهریار و الوند، از نظر طول دوره بهاره سازی دارای نیاز متوسطی بودند. رقم الوند از ارقام بینابینی است که در مناطق سرد با زمستان ملایم مورد کشت قرار می گیرد و مدت زمان بهاره سازی آن کمتر از رقم زمستانه شهریار است.

در این پژوهش، دستاورد هر دو شرایط کنترل شده و مزرعه از وجود رابطه ای ارزشمند بین تکمیل نیاز بهاره سازی و بیان تحمل به انجماد در سطح فنوتیپی حکایت داشت. در هر سه رقم الوند، شهریار و نورستار بیشنیه تحمل در محدوده زمانی تکمیل نیاز بهاره سازی به دست آمدکه نقطه عطفی در بروز مقاومت است و پس از آن، میزان مقاومت به طور چشمگیر رو به افول نهاده است. نکته قابل توجه دراین تحقیق، وجود شرایط آب و هوایی مناسب در منطقه کرج برای انجام روند سازگاری ارقام به سرما است زیرا رقم نورستار که جزو ارقام بسیار متحمل به سرما محسوب می گردد توانسته میزان مقاومت بالایی را به دست آورد (۱۸/۷- درجه سانتی گراد) و به میزات تحمل مساوی با شرایط کنترل شده (۱۸/۳- درجه سانتی گراد) دست یابد.

نقش بهاره سازی در کنترل انباشت قندها در این پژوهش به خوبی نمود یافت، به گونه ای که روند انباشت فروکتان در طوقه ارقام، هماهنگ با روند تکمیل بهاره سازی و افزایش تحمل انجماد بود و با توسعه نیاز بهاره سازی و افزایش تحمل انجماد، میزان انباشت فروکتان نیز افزایش یافت.

با توجه به طول دوره بهاره سازی بیشترین انباشت در رقم نورستار محقق گردید که قریب به چهار برابر بیش از میزان تجمع آن در اوج انباشت این قند در رقم کویر بود. این موضوع از همبستگی بالای انباشت این ترکیب با بروز مقاومت به سرما و تحمل انجماد در ارقام حکایت دارد. همچنین با تکمیل نیاز بهاره سازی مقدار این قند نیز رو به تنزل نهاد که این وضعیت در هر دو شرایط مزرعه و محیط کنترل شده از رویه ای یکسان تبعیت نمود. این نتایج با گزارش های (Va´ gu´ jfalvi et al., 1999) و (Dionne et al., 2001) همخوانی دارد.

وضعیت انباشت و تحلیل در محتوی قند فروکتوز نیز بیان گر وضعیتی مشابه با قند فروکتان در شرایط مزرعه بود. انباشت ساکارز در مزرعه در ارقام زمستانه و بینابین همسو با تکمیل نیاز بهاره سازی افزایش یافت که در رقم زمستانه نورستار این وضعیت پس از تکمیل نیاز بهاره سازی رو به افول نهاد اما در ارقام شهریار و الوند با شروع مرحله زایشی، این قند رو به فزونی نهاد.

در همه ارقام گلوکز پس از تکمیل نیاز بهاره سازی در مزرعه از روندی صعودی تبعیت نمود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ارقام حساس و متحمل به انجماد ترکیبات محافظت کننده مشابهی طی دوره خوگیری به سرما در بافت های خود انباشت می کنند و تفاوت این دو گروه در این زمینه به میزان و مدت زمان انباشت این ترکیبات باز می گردد به طوری که شدت و مدت زمان انباشت این ترکیبات در ارقام متحمل به دلیل تاثیر دوره های متفاوت نیاز بهاره سازی طولانی تر است.

از مجموعه تحقیق حاضر و دیگر تحقیقات مشابه چنین به نظر می رسد که نقش تغییرات نموی نظیر نیاز

بهاره سازی بر مدت زمان بیان تحمل به انجماد در غلات مقوله ای حائز توجه ویژه است. نیاز بهاره سازی جزو فرایندهای مهم سازگاری ارقام زمستانه گندم و جو به محیط است که باعث می شود رشد و چرخه رویشی و زایشی گیاهان متناسب با تغییرات فصل کنترل شود.

REFERENCES

1. Al-Hakimi, A., Monneveu, P. & Galiba, G. (1995). Soluble sugars, proline and relative water content (RWC) as traits for improving drought tolerance and divergent selection for RWC from *T. polonicum* into *T. durum*. *J. Genet. Breed*, 49, 237–244.
2. AOAC.(1995). Official method of analysis (16th ed.). *Arlington, VA., USA:* AOAC.
3. Dele´colle, R.,Hay, R.K.M.,Gue´rif, M., Pluchard, P. & Varlet-Grancher, C. (1989). A method of describing the progress of apical development in wheat, based on the timecourse of organogenesis. *Field Crops Research*, 21, 147–160.
4. Dionne, J., Castonguay, Y., Nadeau, P. & Desjardind, Y. (2001). Freezing tolerance and carbohydrate changes during cold acclimation of green-type annual Bluegrass (*Poa annua* L.) ecotypes. *Crop Sci*, 41, 443-451.
5. Dubois, D., Winzeler, M. & Nosberger, J. (1990). Fructan accumulation and sucrose: Sucrose fructosyltransferase activity in stems of spring wheat genotypes. *Crop Sci*, 30, 315-319.
6. Farrant, J.M., Pammenter, N.W. & Berjak, P. (1993). Seed development in relation to desiccation tolerance: a comparison between desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of *Avicennia marina* and desiccation-tolerant types. *Seed Sci. Res*, 3, 1–13.
7. Flood, R.G. & Halloran, G.M. (1986). Genetic and physiology of vernalization response in wheat. *Adv. Agron*, 39, 87-124.
8. Fowler, D.B., Chauvin, L.P. , Limin, A.E. & Sarhan, F. (1996). The regulatory role of vernalization in the expression of low-temperature-induced genes in wheat and rye. *Theor. Appl. Genet*, 93, 554-559.
9. Fowler, D.B., Breton, G., Limin, A.E., Mahfoozi, S. & Sarhan, F. (2001). Photoperiod and temperature interactions regulate low-temperatureinduced gene expression in barley. *Plant Physiol*, 127, 1676–1681.
10. Galiba, G., Kerepesi, I., Snape, J.W. & Sutka, J. 1997. Location of a gene regulating cold-induced carbohydrate production on chromosome 5A of wheat. *Theor. Appl. Genet*, 95, 265–270.
11. Gott, M.B. (1975). Vernalization of green plants of a winter wheat. *Nature*, 180, 714-715.
12. Guy, C.L. (1990). Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*, 41, 187–223.
13. Hincha, D.K., Hellwege, E.M., Heyer, A.G. and Crowe, J.H. (2000). Plant fructans stabilize phosphatidylcholine liposomes during freezedrying. *European Journal of Biochemistry*, 267, 535–540.
14. Housley, T.L. & Pollock, C.J. (1993). The metabolism of fructans in higher plants, in: M. Suzuki, N.J. Chatterton (Eds.), Science and Technology of Fructans, *CRC Press, Boca Raton, FL*, pp. 191–225.
15. Iba, K. (2002). Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Ann. Rev. plant Biol.*, 53, 225-245.
16. Kerepesi, I., To´th M. & Boross L. (1996). Water-soluble carbohydrates in dried plant, *J. Agric. Food Chem*, 10, 3235–3239.
17. Kerepesi, I., Bányai-Stefanovits, É. & Galiba, G. (2004). Cold acclimation and abscisic acid induced alterations in carbohydrate content in calli of wheat genotypes differing in frost tolerance. *J. Plant Physiol*, 161, 131–133.
18. Kolesnichenko, A.V., Pobezhimova, T.P., Grabelnych, O.I., Tourchaninova, V.V., Korzun, A.M., Koroleva, N.A., Zykova, V.V. & Voinikov, V.K. (2003). Difference between the temperature of non-hardened and hardened winter wheat seedling shoots during cold stress. *Journal of Thermal Biology*, 28, 235–244.
19. Limin, A.E. & Fowler, D.B. (1988). Cold hardiness expression in interspecific hybrids and amphiploids of the Triticeae. *Genome*, 30, 361-365.
20. Mahfoozi, S., Limin, A.E. & Fowler, D.B. (2001). Influence of vernalization and photoperiod responses on cold hardiness in winter cereals. *Crop Sci*, 41,1006-1011.
21. Mahfoozi, S., Limin, A.E., Ahakpaz, F. & Fowler, D.B. 2006. Phenological development and expression of freezing resistance in spring and winter wheat under field conditions in north-west Iran. *Field Crops Research*, 97, 182–187.
22. Morgan, J.M. (1992). Osmotic components and properties associated with genotypic differences in osmoregulation in wheat. *Aust. J. Plant Physiol*, 19, 67–76.
23. Ohtake, S., Schebor, C. & De Pablo, J.J. (2006). Effects of trehalose on the phase behavior of DPPC-cholesterol unilamellar vesicles. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1758, 65–73.

24. Oliver, A.E., Hincha, D.K. & Crowe J.H. **(**2002). Looking beyond sugars: the role of amphiphilic solutes in preventing adventitious reactions in anhydrobiotes at low water contents. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 131, 515–525.
25. Rawson, H.M., Zajac, M. & Penrose, L.D.J. (1998). Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat cultivars differing in vernalization response. *Field Crops Res*, 57, 289-300.
26. Salisbury, F.B. and Ross, C.W. **(**1992). Plant physiology. *4th edition. Wadsworth, Belmont.*
27. Sasani, S., Hemming, M.H., Oliver, S.N., Greenup, A., Tavakkol-Afshari, R., Mahfoozi, S., Poustini, K., Sharifi, H.R., Dennis, E.S., Peacock, W.J. & Trevaskis, B. (2009). The influence of vernalization and daylength on expression of flowering-time genes in the shoot apex and leaves of barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Exp. Bot*, 60, 2169-2178.
28. Silva, J.M, & Arrabaca, M.C. (2004). Contributions of soluble carbohydrates to the osmotic adjustment in the C4 grass Setaria sphacelata: a comparison between rapidly and slowly imposed water stress. *Journal of Plant Physiology*, 161, 551–555.
29. Suzuki, M. (1989). Fructans in forage grasses with varying degrees of cold hardiness, *J. Plant Physiol*, 134, 224–231.
30. Va´ gu´ jfalvi, A., Kerepesi, I., Galiba, G., Tischner, T. & Sutka, J. **(**1999). Frost hardiness depending on carbohydrate changes during cold acclimation in wheat. *Plant Science*. 144, 85-92.
31. Wagner, W. & Wiemken, A. (1986). Properties and subcellular localization of fructan hydrolase in leaves of barley (*Hordeum* v*ulgare* L. cv. Gerbel), *J. Plant Physiol*, 123, 429–439.
32. Wang, S.Y., Ward, R.W., Ritchie, J.T., Fischer, R.A. & Schulthess, U. **(**1995). Vernalization in wheat I. A model based on the interchangeability of plant age and vernalization duration. *Field Crops Res*, 41, 91-100.