"مجله علوم زراعی ایران"
جلد چهاردهم، شماره ۱ بهار ۱۳۹۱

تعیین نیاز بهاره سازی و تحمل به سرما در دو رقم گندم نان
Determination of vernalization requirement and cold tolerance in two bread wheat cultivars

الهام سرحدی[۱]، سیروس محفوظی [۲]، اسلام مجیدی هروان [۳] و اشکبوس امینی [۴]

چکیده

سرحدی، ا.، س. محفوظی، ا. مجید هروان و ا. امینی. ۱۳۹۱. تعیین نیاز بهاره سازی و تحمل به سرما در دو رقم گندم نان. **مجله علوم زراعی ایران. ۱٤(۱): ٤۳-۲۹.**

این تحقیق با هدف تعیین نقش نیاز بهاره سازی و نیز بررسی روند تحمل به سرما و تغییرات نموی در شرایط مزرعه در مناطق سرد و معتدل سرد و در گلخانه صورت گرفت. در شرایط مزرعه ارتباط تغییرات نموی با روند تحمل به سرما در ارقام گندم MV17 و شهریار در منطقه معتدل سرد (کرج) و منطقه سرد (زنجان) در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ بررسی شدند. در شرایط کنترل شده نیز ارتباط تحمل به سرما در ارقام گندم نورستار و آذر۲ تحت دوره‌های مختلف عادت دهی به سرما مطالعه شدند. در بررسی صفات نموی با استفاده از روش شمارش آخرین برگ نهایی نقطه تکمیل بهاه سازی تعیین و میزان تحمل به سرما با استفاده از روش LT_{50} تعیین شدند. حداکثر LT_{50} ارقام MV17 و شهریار مصادف با تکمیل بهاره سازی و در زنجان به ترتیب LT_{50}= -19°C و LT_{50}= -16°C و در کرج به ترتیب LT_{50}= -12°C و LT_{50}= -8°C بودند. روند تحمل به سرما و تغییرات نموی در هر دو رقم و در هر دو منطقه متفاوت از یکدیگر بودند. دمای پایین در زنجان باعث تاخیر در چرخه نموی ارقام شد و مدت زمان بیان و میزان تحمل به سرما بالاتر از کرج بود که بیانگر اثر متقابل دما و نمو گیاه بر روند تحمل به سرما بود. در شرایط کنترل شده نیز رقم نورستار با نیاز بهاره سازی طولانی از میزان تحمل بیشتری نسبت به رقم آذر۲ برخوردار بود، ولی در هر دو رقم حداکثر میزان تحمل به سرما مطابق با زمان تکمیل بهاره سازی بود. از نتایج این تحقیق چنین استنباط می‌شود که محیطی که گیاه در آن عادت دهی به سرما می‌کند و صفات نموی نظیر نیاز بهاره‌سازی و تغییرات فنولوژیکی، بر میزان و روند تحمل به سرمای آن تاثیر داشتند.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، مناطق سرد و معتدل، نمو و نیاز بهاره سازی.

Archive of SID

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۲- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: siroosmahjoozi@yahoo.com)
۳- استاد پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج
۴- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

www.SID.ir

مقدمه

دمای پایین به عنوان شاخص اصلی در تعیین گسترش و پراکنش گیاهان محسوب می‌شود. سرما در زمره زیان‌بارترین عوامل خسارت‌زا در محصولات پاییزه به شمار می‌رود. در کشور ایران به دلیل استقرار قریب به ۶۶ درصد از اراضی گندم آبی و دیم در مناطق معتدل سرد و سرد (Mahfoozi *et al.*, 2008)، وقوع سرمای زودرس پاییزه، سرمای سخت زمستان و یا سرمای دیررس بهاره هر ساله خسارت زیادی بر محصول گندم وارد می‌کند. بر اساس آمار صندوق بیمه محصولات کشاورزی طی سال زراعی ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷، بالغ بر چهارصد و ده میلیارد ریال بابت خسارت سرمازدگی برای حدود ۱/۱۱ میلیون هکتار از مزارع گندم و جو تحت پوشش بیمه، به زارعین پرداخت گردیده است (Sasani, 2009).

ساز وکار تحمل به سرما در گندم پاییزه ارتباطی بنیادین با نیاز بهاره‌سازی دارد که این نیاز سبب تأخیر در گذار از مرحله رویشی و ورود به مرحله زایشی شده و دستاورد آن، پیشگیری از بروز خسارت سرما است (Fowler *et al.*, 2001; Mahfoozi *et al.*, 2006). شکل‌گیری آغازه‌های برگ تعیین کننده تعداد نهایی برگ روی ساقهٔ اصلی می باشد (Hay and Ellis 1998) که از نیاز به بهاره‌سازی، طول روز، فیلوکرون، طول دوره رویشی و زمان گلدهی متاثر می‌شود. گیاهانی که نیاز به بهاره‌سازی دارند چنانچه در معرض دمای پایین قرار گیرند، تعداد نهایی برگ آن‌ها تا رسیدن به نقطهٔ تکمیل بهاره سازی کاهش می‌یابد و بعد از آن به تعداد ثابت خود می‌رسد (Fowler *et al*., 1996, Hay and Ellis 1998).

طبق نظریهٔ کنترل نموی تحمل به انجماد که در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ توسط محققان پیشنهاد شده است (Mahfoozi *et al.*, 2001b; Danyluk *et al.*, 2003; Fowler *et al.* 2001)، ژن‌های نموی نظیر ژن‌های طول روز، بهاره سازی و افزایش تعداد برگ ، طول مدت بیان ژن‌های ساختمانی را تنظیم می‌نمایند، در حالی‌که سطح تحمل به تنش سرما با مدت زمان و شدت بیان ژن‌های ساختمانی تنظیم می‌شود. در بررسی روابط بین بیان تحمل به سرما و صفات نموی که توسط لایمین و فولر (Limin and Fowler, 2006) روی گندم پاییزه رقم نورستار متحمل به تنش سرما صورت گرفت مشاهده شد هنگامی که نورستار پاییزه با انتقال ژن بهاره سازی *Vrn-A1* تبدیل به تیپ بهاره شد و با قرار گرفتن در شرایط روز بلند و وارد شدن سریع به مرحلهٔ زایشی، تحمل کمتری به سرما داشت (حدود ۹- درجه سانتی‌گراد)، در حالی که همان ژنوتیپ با قرار گرفتن در شرایط روز کوتاهی به دلیل تأخیر در انتقال از مرحلهٔ رویشی به زایشی تحمل بسیار بیشتری به تنش سرما پیدا کرد (حدود۱۴- درجه سانتی‌گراد).

با توجه به اینکه دمای عادت دهی به سرما در دو اقلیم سرد و معتدل سرد متفاوت است، اجرای تحقیق حاضر از این نظر حائز اهمیت بود. در تحقیق حاضر از بین ارقام متداول در اقلیم‌های سرد و معتدل سرد کشور ۲ رقم (شهریار و MV17) انتخاب و به همراه یک رقم شناخته شده از نظر تحمل به سرما بنام نورستار از نظر تغییرات نموی (بهاره‌سازی و زمان انتقال از مرحله رویشی به زایشی) و روند تحمل به تنش سرما در شرایط مزرعه در منطقه معتدل سرد (کرج) و سرد (زنجان) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب آزمایش‌های جداگانه در شرایط مزرعه در مناطق معتدل سرد (کرج) و سرد (زنجان) و نیز در شرایط کنترل شده به شرح زیر اجرا شد:

الف- آزمایش‌های تعیین نیازه بهاره سازی، تغییرات نموی و روند تحمل به سرما

ارقام گندم نان MV17 (پاییزه) و شهریار (بینابین)

www.SID.ir

(Najafian *et al*., 2008) در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی خیرآباد زنجان و مزرعه تحقیقاتی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) در ۲۳ مهرماه ۱۳۸۸ کشت شده و اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل دو پشته به طول ۲ متر و ۲ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر در هر پشته و بر اساس ۵۵۰ بذر در متر مربع بود. ایستگاه تحقیقات کشاورزی خیرآباد زنجان در حد فاصل عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه غربی و در ارتفاع ۱۷۷۰ متری از سطح دریا واقع شده‌است. میانگین حداقل و حداکثر دماهای روزانه هوا و بارش از ۱۰ مهر تا ۱۰ اسفند ۱۳۸۹ در جدول یک ارائه شده است. منطقه زنجان طبق تقسیمات اقلیمی بر حسب دما جزء مناطق سرد طبقه‌بندی می‌شود (Khajehpour, 2006) که تعداد روزهای یخبندان آن به ۶۹ روز می‌رسد. مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر در کرج در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا قرار دارد. میانگین حداقل و حداکثر دماهای روزانه هوا و بارش از مهر تا اسفند ۱۳۸۹ در جدول یک ارائه شده است. تعداد روزهای یخبندان آن به ۲۹روز می‌رسد. منطقه کرج با میانگین حداقل دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در طی فصل زراعی، بعنوان منطقه معتدل محسوب می‌شود (Khajehopur, 2006). بافت خاک هر دو منطقه لومی- رسی بود. ارقام گندم تحت ۴ دوره تیمار عادت دهی به سرما به ترتیب ۲۵ آبان (۳۲ روز پس از زمان کاشت)، ۲۱ آذر (۵۸ روز پس از زمان کاشت)، ۸ دی (۷۵ روز پس از زمان کاشت) و ۴ بهمن (۱۰۱ روز پس از زمان کاشت) از نظر میزان LT_{50} (دمایی که ۵۰ درصد بوته‌ها بر اثر آن دما از بین می‌روند) و انتقال از مرحله رویشی به زایشی بررسی شدند.

میزان LT_{50} به روش پیشنهادی (Limin and Fowler, 1988) در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تعیین شد. بر اساس این روش از هر تکرار برای ۹ درجه انتخابی (۳-، ۵-، ۷-، ۹-، ۱۱-، ۱۵-، ۱۷- ، ۱۹- و ۴۳- درجه سانتی‌گراد) و تعداد ۴۵ عدد بوته از هر رقم در هر تکرار، از مزرعه جمع‌آوری و طوقه گیاهان برای آزمون انجماد آماده شدند. بسته به زمان نمونه برداری و مقاومت رقم، ۹ دمای انجماد برای هر رقم در هر بار آزمون انجماد منظور شد و برای هر درجه انجماد ۵ بوته منظورشد. در روش LT_{50} نمونه‌ها (طوقه گیاهان) در داخل ظروف آلومینیومی حاوی ماسه مرطوب در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شدند. روز بعد دمای داخل فریزر قابل برنامه ریزی، به ازای هر یک ساعت ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. هر بار که فریزر به دمای انجماد مورد نظررسید، نمونه‌ها از فریزر خارج و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در طول شب نگهداری شده و روز بعد در گلخانه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کشت و پس از سه هفته درصد بوته‌های مرده و زنده شمارش و میزان LT_{50} برای هر دما محاسبه شد. در کلیه آزمایش‌های مزرعه‌ای با توجه به نمونه برداری در زمان‌های مختلف از طرح آزمایشی کرت‌های خرد شده در زمان بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. تجزیه‌های آماری و مقایسات میانگین به روش دانکن با استفاده از برنامه نرم افزاری SAS انجام شد.

با استفاده از روش شمارش تعداد نهایی برگ نقطه تکمیل بهاره سازی و نیز با بررسی زمان تشکیل برجستگی‌های دوگانه (Fowler *et al.,* 1996; Mahfoozi *et al.* 2001b;,) زمان انتقال از مرحله رویشی به زایشی مشخص شد. بر اساس روش پیشنهادی (Wang *et al.,* 1995; Fowler *et al.,* 1996; Mahfoozi *et al.,* 2001a). برای تعیین

www.SID.ir

مراحل فنولوژیکی و تعداد نهایی برگ نمونه‌های مربوط به ارقام گندم از مزرعه در فصول پاییز و زمستان در مراحل ۴ تا ۷ برگی به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در اتاقک رشد منتقل شدند تا این که برگ پرچم در روی ساقه اصلی در اتاقک رشد ۲۰ درجه سانتی‌گراد ظاهر شدند. تعداد برگ روی ساقه اصلی شمارش شدند و در کلیه ارقام تعداد نهایی برگ تعیین شدند.

جدول ۱- میانگین حداقل و حداکثر دماهای ماهیانه هوا و میزان بارش در کرج و زنجان از مهر تا اسفند ۱۳۸۸

Table1. Mean of maximum and minimum temperature and amount of rainfall in Karaj and Zanjan from Sep. until Mar. (2009-2010)

		کرج (Karaj)			زنجان (Zanjan)		
Month	ماه	بارندگی Rainfall (mm)	حداکثر دما Max. temp(°C)	حداقل دما Min. temp(°C)	بارندگی Rainfall(mm)	حداکثر دما Max. temp(°C)	حداقل دما Min. temp(°C)
Sep-Oct	مهر	0	26.6	12	0.023	22.48	4.9
Oct-Nov	آبان	1.38	18.23	8	2.16	14.8	3.33
Nov-Dec	آذر	0.95	9.4	0.93	0.5	7	-2.47
Dec-Jan	دی	0.48	12.9	3.6	0.37	10.43	0.43
Jan-Feb	بهمن	1.04	10.6	1.53	1.41	7.03	-2.1
Feb-Mar	اسفند	2.24	12.6	3.6	0.98	10.2	0.3

تعیین مرحله نموی مریستم نوک ساقه

به منظور تعیین مرحله نموی گیاه و تشخیص عبور از مرحله رویشی به زایشی تغییرات مرفولوژیکی مریستم نوک ساقه اصلی مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور سه بوته تصادفی از هر رقم در هر تکرار در پایان هر دوره عادت دهی به سرما در ۲۱ آذر (۵۸ روز پس از زمان کاشت)، ۸ دی (۷۵ روز پس از زمان کاشت)، ۲۳ دی (۹۰ روز پس از زمان کاشت)، ۴ بهمن (۱۰۱ روز پس از زمان کاشت) و ۴ اسفند (۱۳۱ روز پس از کاشت) از مزرعه به آزمایشگاه منتقل و مرحله نموی مریستم انتهایی نوک ساقه ارزیابی شده و حد واسط مراحل مد نظر قرار گرفتند. علاوه بر این در چهارم اسفند ماه ۳ بوته از هر رقم در هر منطقه از مزرعه جمع آوری و به گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتی‌متر حاوی خاک مزرعه و پیت ماس در گلخانه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با طول روشنایی ۱۶ ساعت منتقل و بعد از ده روز مریستم انتهایی آن‌ها ارزیابی شد. این کار با استفاده از روش تشریح طوقه در زیر میکروسکوپ تشریح برای هر دوره عادت‌دهی صورت گرفت (Kirby *et al*, 1985). عبور از مرحله رویشی به زایشی مرحله برجستگی دو گانه در نظر گرفته شد.

ب- تعیین نیاز بهاره سازی و روند تحمل به سرما در شرایط کنترل شده

در این آزمایش، رقم تجاری گندم نان، آذر۲ و نیز رقم نورستار به عنوان رقم استاندارد با دوره بهاره‌سازی بسیار طولانی که تحمل بسیار خوبی در برابر سرما دارد (Fowler *et al*., 1999)، از بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و مورد استفاده قرار گرفتند. برای تعیین نیاز بهاره‌سازی، ۴ بذر جوانه زده از هر رقم در گلدان‌های ۱۵ سانتی‌متری کشت و پس از سبز شدن، تعداد ۲ بوته در هر گلدان برای هر کدام از ۹ دوره بهاره‌سازی نگهداری شدند. بعد از دو هفته رشد و استقرار اولیه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، گیاهچه‌های ارقام گندم در ۹ دوره بهاره‌سازی (صفر، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ۴۲، ۵۶ و ۷۰ روز) به صورت فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی کاملا تصادفی در ۲ تکرار داخل اتاقک رشد در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد با ۱۲ ساعت روشنایی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات تعداد نهایی برگ (FLN) و LT_{50} در ارقام گندم شهریار و MV17 در دوره‌های مختلف عادت‌دهی به سرما در مناطق زنجان و کرج در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

Table 2. Analysis of variance for Final Leaf Number (FLN) and LT_{50} in Shahryar and MV17 wheat cultivars at different cold acclimation periods in Zanjan and Karaj during 2009-2010 cropping season

		زنجان (Zanjan)				کرج (Karaj)			
		FLN		LT_{50}		FLN		LT_{50}	
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)
Replication (Rep)	تکرار	1	0.25^{ns}	2	3.166^{ns}	1	0.39^{ns}	2	0.166^{ns}
Cultivar(A)	رقم	1	3.062^{ns}	1	88.166**	1	13.14*	1	112.666*
E_a	خطای کرت اصلی	1	3.062^{ns}	2	1.166^{ns}	1	0.015^{ns}	2	3.166^{ns}
Date of sampling (B)	دوره‌های عادت دهی به سرما	3	19.125*	3	236.61**	3	13.182*	3	86.666**
A x B	رقم عادت دهی به سرما	3	2.104^{ns}	3	2.833^{ns}	3	1.307^{ns}	3	18.888*
Rep×Date	دوره عادت دهی/ تکرار	3	0.625^{ns}	6	0.944^{ns}	3	0.473^{ns}	6	0.833^{ns}
Erorr	خطا	3	1.27^{ns}	6	2.5^{ns}	3	0.682^{ns}	6	3.388^{ns}
C.V(%)	ضریب تغییرات	9.1		12.5		6.4		29	

ns: Not significant

*,**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیرمعنی‌دار

*و**: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID

www.SID.ir

با شدت نور حدود ۲۵۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه بهاره‌سازی و عادت‌دهی به سرما شدند. پس از اتمام هر دوره بهاره‌سازی، تعداد نهایی برگ‌ها شمارش شدند. میزان تحمل به سرما نیز بر اساس روش LT_{50} و در ۶ زمان عادت دهی به سرما برای رقم آذر۲ (صفر، ۱۴ ، ۲۸، ۴۲، ۵۶ و ۸۹ روز) و ۵ دوره عادت دهی به سرما (صفر، ۱۴، ۴۲، ۵۶، و ۸۹ روز) برای رقم نورستار درسه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از برنامه نرم افزاری SAS انجام شدند. در مواردی که کرت گمشده وجود داشت (کرت‌های نامتعادل) از دستور GLM برای تجزیه واریانس و مقایسات میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

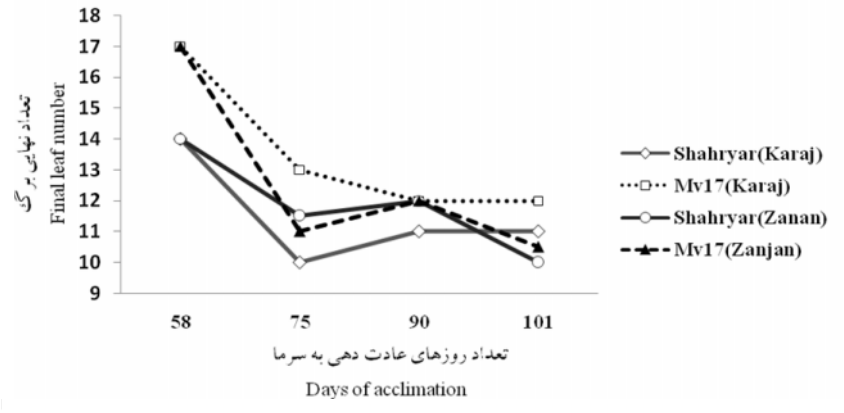
تعیین نیاز بهاره سازی با روش شمارش تعداد نهایی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مزرعه زنجان، اثر دوره عادت‌دهی به سرما بر روی تعداد نهایی برگ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل زمان نمونه‌برداری در رقم معنی‌دار نبود که نشان دهنده یکنواخت بودن روند هر دو رقم از نظر صفت مزبور بود (جدول۱). در کرج ارقام و اثر متقابل زمان نمونه‌برداری در رقم از نظر صفت تعداد نهایی برگ تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج در صد داشتند (جدول ۲).

روند تعداد نهایی برگ در طی دوره‌های عادت‌دهی حاکی از آن بود که بطور کلی با افزایش طول دوره عادت دهی، تعداد برگ نهایی تولید شده بطور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱). نتایج آزمایش‌های متعددی نشان داده است که در ارقام گندم دارای نیاز بهاره سازی، بعد از قرار گرفتن در معرض سرمای بهاره‌سازی تعداد نهایی برگ کاهش می‌یابد و سپس به حدی می‌رسد که بعد از آن تعداد نهایی برگ ثابت می‌ماند که آن محدوده را به عنوان محدوده تکمیل بهاره‌سازی می‌نامند (Fowler *et al*., 1996; Hay and Ellis, 1998; Mahfoozi *et al*., 2001a). عبور از مرحله رویشی به زایشی زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد نهایی برگ ثابت باقی بماند (Delecolle *et al*., 1989; Mahfoozi *et al*., 2001b). مقایسه اجمالی ارقام مورد بررسی در این تحقیق موید آن است که گندم پاییزه MV17 دارای تعداد نهایی برگ بیشتری بوده و این تفاوت‌ها در مراحل اول عادت‌دهی به سرما مشهودتر می‌باشند و این موضوع به نقش مهم تولید برگ بیشتر در تداوم بخشیدن به طول دوره رویشی و افزایش زمان بیان تحمل به سرما در این رقم در مقایسه با رقم شهریار اشاره دارد. شدیدترین کاهش در تعداد نهایی برگ رقم MV17 بعد از ۷۹ روز پس از کاشت (۸ دی) در زنجان مشاهده گردید (شکل ۱)، روند نسبتا مشابهی درکرج نیز مشاهده شد. با توجه به اثبات رابطه و همبستگی بین نیاز بهاره‌سازی و تعداد نهایی برگ در ارقام پاییزه (Wang *et al*., 1995; Mahfoozi *et al*., 2001)، به نظر می‌رسد که این کاهش ناشی از تأمین بخش اعظمی از نیاز بهاره‌سازی در هر دو رقم باشد. ادامه نمونه‌برداری‌ها در زمان‌های بعدی حاکی از ثبات تعداد نهایی برگ در هر دو منطقه بود. این موضوع نشان می‌دهدکه احتمالاً بین ۷۹ تا ۱۰۰ روز پس از کاشت (۸ دی تا ۴ بهمن) زمان تکمیل نیاز بهاره‌سازی می‌باشد. (شکل ۱). تکمیل بهاره سازی رقم شهریار زودتر از رقم MV17 و در هر دو منطقه حدود ۵۸ روز پس از کاشت (۲۱ آذر) بود، ولی تعداد کاهش برگ نیز در اقلیم سرد زنجان بیشتر از اقلیم معتدل سرد کرج بود. نیاز بهاره سازی از جمله ساز وکارهای سازگاری گیاهان به محیط است که باعث می‌شود گیاهان دوره رشد و نمو خود را متناسب با شرایط فصلی تنظیم نمایند. (Mahfoozi *et al.*, 2006). طبق نظر فولر و همکاران (Fowler *et al.*, 1999)، بهاره سازی نیاز به دمای پایین دارد و دمای بهینه آن حدود ۳ درجه

www.SID.ir

سانتی‌گراد است. عادت دهی به سرما نیز از فرایندهای بسیار مهم درغلات در طول فصل پاییز است که تغییرات مهم بیوشیمیایی و متابولیکی در طی آن دوره صورت می‌گیرد و در نتیجه گیاهان مواد محافظت کننده ازقبیل پروتئین‌های محلول در آب در برابر تنش سرما را انباشته می‌کنند تا برای مقابله با شرایط سخت زمستان آماده شوند (Sarhan *et al.,* 1997; Fowler *et al.,* 1999).



شکل ۱- تعداد نهایی برگ دو رقم گندم MV17 و شهریار در شرایط مزرعه منطقه سرد (زنجان) و معتدل سرد(کرج) در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

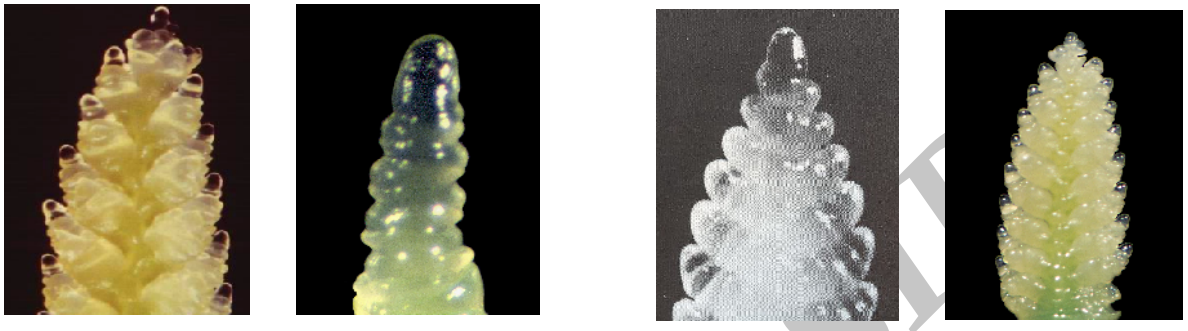
Fig. 1. Final leaf number of MV17 and Shahryar wheat cultivars grown under field condition of cold (Zanjan) and temperate (Karaj) regions in 2009-2010

تغییرات نموی

تغییرات نموی ارقام MV17 و شهریار در سال ۱۳۸۸ نشان داد که نمو فنولوژیکی ارقام تحت تاثیر شرایط اقلیمی سرد و یا معتدل سرد قرار گرفت. طبق دستورالعمل کربی و آپلیارد (Kerby and Appleyard, 1985)، هر دورقم MV17 و شهریار پس از ۷۵ روز پس از کاشت، به ترتیب با تولید ۴/۳ و ۵/۳ برگ در روی ساقه اصلی در مرحله فیزیکی رشد رویشی بودند. در ۲۳ دی (۹۰ روز پس از کاشت) در زنجان، ارقام MV17 و شهریار به ترتیب در مرحله ۵ و ۶ برگی ولی در کرج رقم MV17 در مرحله ۶ برگی و رقم شهریار با ۶/۵ برگ، در شروع مرحله برجستگی دو گانه قرار داشتند. حدود ۱۰۱ روز پس از کاشت در زنجان، ارقام MV17 و شهریار با تولید به ترتیب ۵/۵ و ۶/۵ برگ درانتهای مرحله رویشی ولی در کرج رقم MV17 با تعداد ۶/۳ برگ روی ساقه اصلی در مرحله طویل شدن مریستم انتهایی و رقم شهریار با ۷/۳ برگ در مرحله تشکیل برجستگی دو گانه بودند. در ۴ اسفند (۱۳۱ روز پس از کاشت) در زنجان، رقم MV17 با ۶ برگ در مرحله شروع برجستگی دوگانه و در کرج در مرحله تکمیل برجستگی دو گانه بود. در همان زمان رقم شهریار در زنجان با ۷/۵ برگ در مرحله برجستگی دو گانه و در کرج در مرحله تشکیل آغازین گلوم بود. در نمونه‌های ۴ اسفندکه مدت ده روز در گلخانه نگهداری شده بودند، رقم MV17 از زنجان و کرج به ترتیب در مرحله برجستگی دو گانه و تشکیل سنبلچه انتهایی، ولی رقم شهریار جمع آوری شده از زنجان و کرج به ترتیب در مراحل آغازین گلوم- لما و در مرحله پیشرفته نمو مریستم انتهایی قرار داشتند (شکل‌های ۲ الف و ۲ ب). تشکیل برجستگی‌های دوگانه یکی از روش‌های تعیین مراحل نمو و انتقال به مرحله زایشی ارقام مختلف غلات است

Archive of SID
www.SID.ir

(Kirby and Appleyard, 1986)، زیرا که در این مرحله با وجودی که ظاهرا گیاه درمرحله رویشی می‌باشد، ولی پیام‌های مورد نیاز برای شروع رشد زایشی دریافت شده‌اند (Delecolle *et al*., 1989; Danyluk *et al*., 2003). تغییر مراحل نموی ارقام در شرایط اقلیم معتدل سرد بیشتر از اقلیم سرد بود (شکل ۲ الف و ۲ ب). در عوض دمای پایین در اقلیم سرد باعث تاخیر در انتقال از مرحله رویشی به زایشی و تاخیر در نمو شد (شکل ۲) و به نظر می‌رسد این تاخیر باعث از بین رفتن تحمل رقم پاییزه در اقلیم سرد شده باشد (شکل ۲).



ب- مرحله پیشرفته نمو مریستم انتهایی (کرج)

الف- تشکیل آغازین گلوم و لما (زنجان)

الف- مرحله برجستگی دوگانه (زنجان)

ب- آغاز تشکیل سنبلچه انتهایی (کرج)

B. More advance stage of shoot apex of Shahryar in Karaj

A. Glum initiation in Zanjan

A. Double ridge formation of MV17 $_{cv}$ in Zanjan

B. Spikelet initiation stage of MV17 $_{cv}$ in Karaj

شکل۲- مقایسه تغییرات مریستم انتهایی در گندم رقم شهریار در زنجان (۲ الف) و کرج (۲ ب) جمع آوری شده از مزرعه (۱۰۱ روز از پس کاشت) که به گلخانه با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و ۱۶ ساعت طول روز منتقل و ارزیابی شدند

Fig. 2. Comparison changes in apex development of Shahryar wheat in Zanjan (A) and Karaj (B) collected from field (101 Days after sowing) and then transferred to green house at 20ºC with 16h day light for 10 days

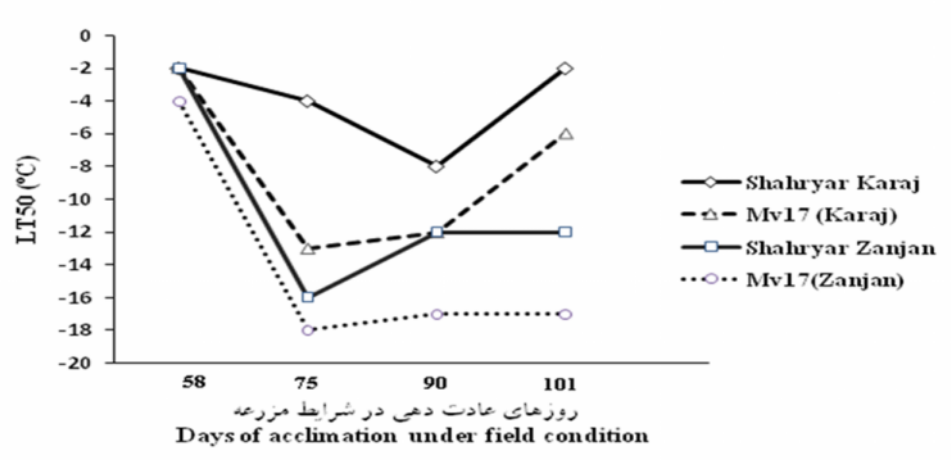
تشکیل آغازه‌های گل به وسیله اثر متقابل محیط با رقم که بر روی تعداد نهایی برگ اثر می‌گذارد، تعیین می‌شود (McMaster 1997; Hay and Ellis, 1998) در ارقام پاییزه گندم هر چند تعداد نهایی برگ در زمان تکمیل بهاره سازی که نشانه انتقال از مرحله رویشی به زایشی بود به مقدار ثابت و حداقل رسید (شکل‌های۳)، اما تشکیل برجستگی‌های دوگانه بسیار با تاخیر صورت گرفت. نتایج یک تحقیق انجام شده روی گندم نتایج نشان داد که در ارقام پاییزه، انتقال ازمرحله رویشی به زایشی خیلی زودتر از مشاهده فیزیکی برجستگی‌های دوگانه صورت می‌گیرد (Delecolle 1989).

روند تحمل به سرما

نتایج تجزیه واریانس آزمایشات مربوط به LT_{50} در زنجان و کرج نشان دادند که در زنجان اثر رقم و دوره‌های عادت دهی به سرما (زمان های نمونه برداری) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند ولی اثر متقابل رقم در زمان نمونه برداری معنی‌دار نبود (جدول ۲). معنی‌دار نبودن اثر متقابل حاکی از عدم تغییردر روند تحمل ارقام در طول فصول پاییز و زمستان بود (جدول ۱). با توجه به اینکه هر دو رقم شهریار و MV17 دارای نیاز بهاره‌سازی هستند، عکس العمل یکسان آنها به نیاز بهاره‌سازی و عادت دهی به سرما دور از انتظار نیست. رقم پاییزه MV17 بعد از قرارگرفتن در دمای سرد شروع به عادت به سرما کرد (شکل ۳). روند تحمل به سرما ابتدا با شیبی تند شروع و سپس کندتر شد تا اینکه

Archive of SID
www.SID.ir

تقریبا در محدوده تکمیل بهاره‌سازی به حداکثر مقدار خود رسید. حداکثر تحمل ارقام MV17 و شهریار در زنجان به ترتیب LT_{50}=-19°C و LT_{50}=-16°C و در کرج حداکثر میزان تحمل به ترتیب LT_{50}=-12°C و LT_{50}=-8°C بودند. دمای پایین در زنجان باعث تاخیر در چرخه نموی ارقام شد و مدت زمان بیان و میزان تحمل به سرما درهر دو رقم در اقلیم سرد، بیشتر از تحمل ارقام رشد یافته در اقلیم معتدل سرد بود که نشان دهنده اثر متقابل دما و نمو گیاه بر بیان تحمل به سرما می‌باشد.



شکل۳- میزان و روند تحمل به سرما (LT_{50}) دو رقم گندم MV17 و شهریار در شرایط مزرعه در مناطق کرج (معتدل سرد) و زنجان (سرد) در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

Fig 3. Trends of cold tolerance (LT_{50}) in MV17 and Shahryar wheat cultivars acclimated under field condition of Karaj (temperate) and Zanjan (cold) regions in 2009-2010

ارقام گندم مورد بررسی، حداکثر تحمل خود را در شرایط مزرعه در زمان تکمیل بهاره‌سازی بدست آوردند (شکل۳). این نتیجه ضمن مطابقت با نتایج بررسی‌های انجام شده در شرایط کنترل شده و مزرعه، نظریه کنترل نموی کاهش تحمل به سرما را پس از انتقال از مرحله رویشی به زایشی، تایید می‌نماید(Fowler *et al*., 1996; Mahfoozi *et al*., 2006)

تعیین نیاز بهاره سازی و روند تحمل به سرما در شرایط کنترل شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین ارقام از نظر بهاره‌سازی وجود داشت. همچنین اثر ساده تیمار دوره‌های بهاره‌سازی نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم با دوره‌های بهاره‌سازی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشت (جدول۳) که نشان دهنده واکنش متفاوت ارقام مورد مطالعه در دوره‌های مختلف تیمار بهاره‌سازی بود. نتایج این آزمایش نشان داد که در ارقام پاییزه گندم تعداد نهایی برگ تحت تاثیر طول مدت دوره بهاره‌سازی می‌باشد، به نحوی که با قرار دادن این ارقام در دمای بهاره‌سازی (۲ درجه سانتی‌گراد) تعداد نهایی برگ به طور چشمگیری کاهش پیدا کرد. رقم نورستار زمانی که در معرض دمای پایین قرار نگرفت، برای رسیدن به مرحله زایشی تعداد برگ‌های زیادی (۲۳ عدد) تولید کرد و مدت زمان طولانی‌تری برای رسیدن به مرحله زایشی نیاز داشت، ولی با قرارگرفتن در دمای پایین، تعداد برگ‌های آن به کمتر از نصف (۱۰ عدد) کاهش یافته و با گذراندن ۴۲-۳۵ روز، دوره بهاره‌سازی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳- تجزیه واریانس تعداد نهایی برگ و LT_{50} در ارقام نورستار و آذر۲

Table 1. Analysis of variance for final leaf number (FLN) and LT_{50} in Norstar and Azar2 wheat cultivars

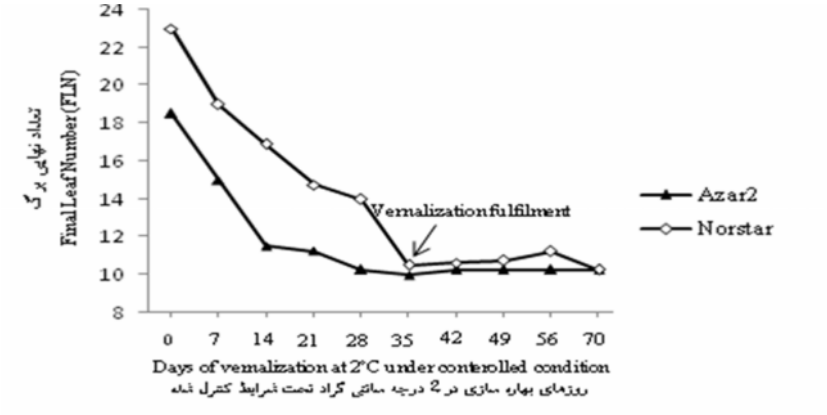
		میانگین مربعات (MS)			
		درجه آزادی		درجه آزادی	تعداد نهایی برگ
S.O.V	منابع تغییر	d.f	LT_{50}	d.f	FLN
Replication	تکرار	2	2.303^{ns}	1	3.115^{ns}
(C)	رقم	1	546.133^{**}	1	24.521^{**}
(V)	دوره بهاره‌سازی	5	70.08^{**}	8	42.559^{**}
V x C	دوره بهاره‌سازی x رقم	5	50.8^{**}	8	4.138^{*}
Erorr	خطا	22		17	
C.V (%)	ضریب تغییرات		15		8

ns: Not significant — ns: غیرمعنی‌دار

*,**: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively — *و**: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

وارد مرحله زایشی گردید(شکل ۴).

این واکنش رقم نورستار نشان می‌دهد که این رقم دارای نیاز بهاره‌سازی بالایی بوده و دیرتر وارد مرحله زایشی می‌شود (Wang *et al*., 1995). در نتیجه مدت زمان بیان تحمل به سرما که در دوره رشد رویشی حادث می‌شود، بیشتر بوده و باعث تحمل بیشتر این رقم به سرما می‌گردد، در حالی که رقم نیمه متحمل آذر۲ در عرض ۲۸-۲۱ روز به نقطه تکمیل بهاره‌سازی رسیده و تعداد نهایی برگ‌های آن در زمان تکمیل بهاره‌سازی به ۱۰ عدد کاهش یافته و زودتر وارد مرحله زایشی شده، در نتیجه مدت زمان بیان تحمل به سرما در این رقم نسبت به رقم نورستار کمتر بوده و سطح تحمل آن نسبت به رقم نورستار کمتر می‌باشد (شکل۴). کاهش تعداد نهایی برگ در هر دو رقم نورستار و آذر۲ در شرایط دمای بهاره‌سازی نشان می‌دهدکه این ارقام نیاز بهاره‌سازی دارند. در حالی‌که طبق مطالعات انجام شده ارقام بهاره نیاز به بهاره‌سازی نداشته و تعداد نهایی برگ آن‌ها چه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و چه در شرایط دمای بهاره‌سازی ثابت است (Fowler *et al*., 1996; Mahfoozi *et al*., 2006). این مشاهدات با گزارشات دیگری که رقم نورستار را دارای نیاز بهاره‌سازی طولانی در شرایط کنترل شده و در مزرعه اعلام کرده‌اند، مطابقت دارد (Fowler *et al*., 1996; Mahfoozi *et al*., 2001b; Mahfoozi *et al*., 2006).



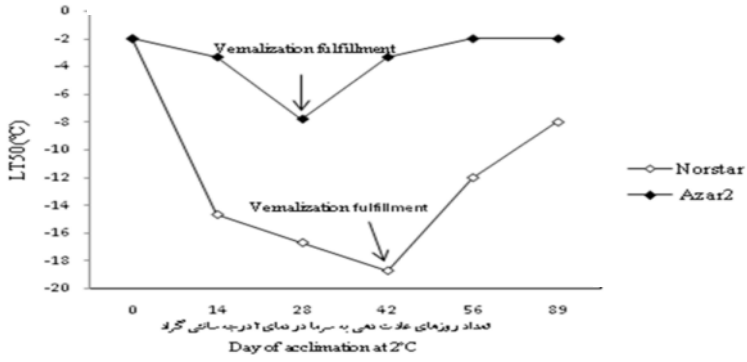
شکل ۴- تغییرات تعداد نهایی برگ در ارقام گندم نورستار و آذر۲ که به مدت ۷۰ روز دمای۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند

Fig. 5. Final leaf number changes in Norstar and Azar2 wheat cultivars for 70 days in 2ºC (SE= ±0.64)

www.SID.ir

روند تحمل به سرما

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرساده رقم، دوره‌های عادت‌دهی به سرما (زمان‌های نمونه برداری)، اثر متقابل رقم در دوره نمونه برداری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول۳). ارقام نورستار و آذر۲ با قرار گرفتن در دمای پایین، شروع به عادت به سرما کردند. روند تحمل به سرما ابتدا با شیبی تند نزولی که نشان دهنده عادت به سرما بود شروع شد و سپس کندتر شد تا اینکه در نقطه تکمیل بهاره‌سازی به حداکثر مقدار خود رسید. زمان تکمیل بهاره‌سازی رقم نورستار در محدوده ۴۲-۳۵ روز بهاره‌سازی اتفاق افتاد و حداکثر تحمل به سرما (LT_{50}= -18.7°C) نیز در همان زمان حاصل شد (شکل۵)، اما حداکثر میزان تحمل (LT_{50}= -8°C) رقم آذر۲ با نیاز بهاره‌سازی کوتاه مدت، در روز بیست و هشتم تیمار سرما دهی به دست آمد که حدودا مصادف با زمان تکمیل بهاره‌سازی در این رقم بود (شکل۵). نتایج یک آزمایش نشان داده که در شرایط مزرعه در اقلیم سرد شمال غرب کشور در رقم آذر۲، حداکثر میزان تحمل به انجماد (LT_{50}=-14ºC) در اواسط آذر ماه (حدود ۸۸ روز پس از کاشت) به دست آمد که مصادف با زمان تکمیل بهاره‌سازی آن رقم بوده است (Mahfoozi *et al.,* 2006). بعد از تکمیل بهاره‌سازی در هر دو رقم نوراستار و آذر۲ حداکثر میزان تحمل به سرما مشاهده شد (Mahfoozi *et al*., 2006). بنابراین مشاهده می‌شود که تکمیل بهاره سازی نقطه عطفی در بیان تحمل به سرما است. بررسی‌های انجام شده توسط سایر محققان (Sasani, 2009; Janmohammadi *et al*., 2009; Sarhadi *et al*., 2010) نشان دادند که در غلات دارای نیاز بهاره‌سازی، حداکثر بیان تحمل به سرما در زمان تکمیل بهاره‌سازی بوده و بعد از آن میزان بیان تحمل به سرما کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر در خصوص تعیین ارتباط بین میزان تحمل به سرما و تکمیل بهاره سازی در هر دو شرایط مزرعه و کنترل شده با فرضیه"کنترل نموی تحمل سرما" که توسط برخی از محققان ارائه شده است (Mahfoozi *et al.,* 2000; Fowler *et al.,* 2001, Danyluk *et al*., 2003; Limin and Fowler, 2004) مطابقت کامل نشان می‌دهد. طبق نظریهٔ کنترل نموی تحمل به سرما، ژن‌های نموی نظیر ژن‌های بهاره‌سازی، طول مدت بیان ژن‌های ساختمانی را تنظیم می‌نمایند (Sarhadi *et al*., 2010).



شکل ۶- تغییرات LT_{50} در دو رقم گندم نورستار و آذر۲ با نیاز بهاره‌سازی متفاوت بین صفر تا ۸۹ روز عادت دهی به سرما در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد

Fig. 6. LT50 changes in Norstar and Azar2 wheat cultivars with different vernalization fulfillment acclimation in 2ºC from 0 to 89 days (SE= ±0.74)

www.SID.ir

نقش ناحیه مربوط به ژن بهاره سازی(*vrn*-A) در کنترل تحمل به سرما در بسیاری از منابع گزارش شده است. نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط لایمین و فولر (Limin and Fowler 2006) و نیز فولر و لایمین(Fowler and Limin, 2003) مبین آن است که ناحیه مرتبط با بهاره‌سازی در گندم (*Vrn-A*) در برگیرنده مجموعه‌ای از ژن‌های موثر درگلدهی می‌باشد که بر روی بیان ژن‌های تحمل به سرما تاثیر می‌گذارند. طبق گزارش لایمین و فولر(Limin and Fowler, 2006)، وجود آلل *vrn* در گندم پاییزه به بیان ژن‌های تحمل به سرما منجر می‌شود. انتقال ژن *vrn-A1* از رقم پاییزه نورستار به گندم بهاره مانیتو(Manitou) باعث افزایش تحمل به سرما در حدود ۱۱ درجه سانتی‌گراد در رقم مانیتو پاییزه شد.

نتایج تحقیق رینالدوچی و همکاران (Rinalducci *et al.,* 2011) نیز درگندم پاییزه رقم شایان سازگار شده به دمای پایین به مدت طولانی (۶۳ روز) که با استفاده از روش الکتروفورز دو بعدی صورت گرفت، نشان داد که دما و تغییرات نموی بر میزان تحمل گیاه تاثیر می‌گذارند، به طوری‌که میزان بیان پروتئین‌های مرتبط با تحمل به سرما (نظیر *wcor18,wrab17*) دردمای چهار درجه سانتی‌گراد افزایش ولی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیان نشدند.

نتایج کلی تحقیق حاضر نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی بین صفات فنولوژیکی نظیرنیاز به بهاره سازی و تغییرات نموی و عادت دهی به سرما با میزان تحمل به تنش سرما در ارقام گندم مورد بررسی وجود دارد. برای ایجاد رقم مناسب به منظور تولید موفق گندم برای اقلیم‌های سرد و یا معتدل سرد نیاز است که از تغییرات فنولوژیکی، اثرات متقابل ژنوتیپ با اقلیم بر روند تحمل به سرما، چرخه نموی گیاه و سازوکارهایی که باعث زنده ماندن گیاه در برابر تنش سرما می‌شوند، آگاهی و شناخت درستی در دست باشد.

منابع مورد استفاده

References

Danyluk, J., N. A. Kane, G. Breton, A. E. Limin, D. B. Fowler and F. Sarhan. 2003. *Tav RT-1* a ductative transcription factor associated with vegetative reproductive transition in cereals . Plant Physiol. 132: 1849 – 1860.

Delecolle, R., R. K. M. Hay, M. Guerif, P. Pluchard and C. Varlet-Grancher.1989. A method of describing the progress of apical development in wheat, based on the time-course of organogensis. Filed Crops Res. 21: 147-160.

Fowler, D. B. and A. E. Limin. 2003. Functional genetics of low-temperature stress. *In*: Proceedings of 10th International Wheat Genetics symposium, 1-6 Sep. 2003, Paestum, Italy.

Fowler, D. B. and A. E. Limin. 2004. Interactions among factors regulating phenological development and acclimation rate determine low-temperature tolerance in wheat. Ann. Bot. 94: 717 - 724.

Fowler, D. B., G. Breton, A. E. Limin, S. Mahfoozi and F. Sarhan. 2001. Photoperiod and temperature interactions regulate low-temperature-induced gene expression in barley. Plant Physiol. 127: 1676-1681.

Fowler, D. B., A. E. Limin and J. T. Ritchie. 1999. Low-temperature tolerance in cereals: model and genetic interpretation. Crop Sci. 39: 626-633.

Fowler, D. B., A. E. Limin., S. Y, Wang and R. W, Ward. 1996. Relationship between low-temperature

www.SID.ir

Archive of SID

tolerance and vernalization response in wheat and rye. Can. J. Plant Sci. 76: 37-42.

Hay, R. K. M. and R. P. Ellis. 1998. The control of flowering in wheat and barley: what recent advances in molecular genetics can reveal. Ann. Bot. 82:541-554.

Janmohammadi, M., R. Tavakol-Afshari, S. Mahfoozi, H. Alizadeh, M. Kamel and M. Kiavi . 2009. Relationship among phonological development, physiological indices and freezing tolerance in winter wheat and rye under field conditions in moderate and cold regions. Electronic J. Crop Prod. 3(2): 115-137. (In Persian with English abstract).

Kirby, E. J. M. and M. Appleyard 1986. Cereal development guide (2nd Ed). Arable Unit, National Agricultural Center, Stoneleigh, Kenilworth, England.

Khajehpour, M. R., 2006. Climate classification (Key article). Prceeding of the 9th Iranian Crop Sciences Congress. 27-29 Aug. 2006, Aboureyhan Campus- University of Tehran. (In Persian).

Limin A. E. and D. B. Fowler, 2006. Low-temperature tolerance and genetic potential in wheat (*Triticum aestivum* L.).: responses to photoperiod, vernalization and plant development. Planta. 224: 360-366.

Limin, A. E. and D. B. Fowler. 1988. Cold hardiness expression in interspecific hybrids and amphiploids of the Triticeae. Genome, 30: 361-365.

Limin, A.E., Corey, A., Hayes, P., Fowler, D. B. 2004. Low temperature acclimation of barley cultivars used as parents in mapping populations: response to photoperiod, vernalization and phenological development. Planta. 226: 139-146.

Mahfoozi, S., G. Hosseini-Salekdeh, M. Mardi and G. Karimzadeh.2008. Freezing resistance from the lab to the field in wheat: What should we breed for? Proceedings of the 10th Crop Sciences Congress, 18-20 Aug. 2008, Karaj, Iran. (In Persian).

Mahfoozi, S., A. E. Limin, F. Ahakpaz and D. B. Fowler. 2006. Phenological development and expression of freezing resistance in spring and winter wheat under field conditions in north-west Iran. Field Crops Res. 97: 182-187.

Mahfoozi, S., A. E. Limin and D. B. Fowler. 2001a. Influence of vernalization and photoperiod response on cold hardiness in winter cereals. Crop Sci.41: 1006-1011.

Mahfoozi, S., A. E. Limin and D. B. Fowler. 2001b. Developmental regulation of low-temperature tolerance in winter wheat. Ann. Bot. 87: 751-757.

McMaster, G. S. 1997. Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: A review. Adv. Agron. 59: 63-118.

Najafian, G., M. R. Jalal-Kamali and A. Azimain. 2008. Description of Iranian grown wheat cultivars and promising lines. Seed and Plant Improvement Institute Publications, Karaj, Iran. 209 pages. (In Persian).

Prasil, I. T., P. Prasilova and K. Pankova. 2004. Relationships among vernalization, shoot apex development and frost tolerance in wheat. Ann. Bot. 94: 413–418.

Archive of SID

www.SID.ir

Rinalducci S, M. G. Egidi, S. Mahfoozi, S. Jahanbakhsh-Godehkahriz and L. Zolla. 2011. the influence of temperature on plant development in a vernalization requiring winter wheat: A 2-D based proteomic investigation. J. Proteomics. 1;74(5): 643-59.

Sarhadi E., S. Mahfoozi, S. A. Hosseini and G. Hosseni-Salekdeh. 2010. Cold acclimation proteom analysis reveals close link between up-regulation of low-temperature associated proteins and vernalization fulfilment. J. Proteom. Res. 9: 5658-5667.

Sarhan, F., F. Ouellet and A. Vazquez-Tello. 1997. The wheat *Wcs120* family. A useful model to understand the molecular genetics of freezing tolerance in cereals. Plant Physiol. 101: 439-445.

Sasani, S., 2009. Physiological and regulatory mechanisms of the relationship between vernalization –induced flowering and seasonal changes in cold acclimated potential of wheat and barley. Ph.D. Thesis in Agronomy, University of Tehran. 218 pages. (In Persian).

Wang, S. Y., R. W. Ward, J. T. Ritchie, R. A. Fischer and U. Schulthess. 1995. Vernalization in wheat I. A model based on the interchangeability of plant age and vernalization duration. Field Crops Res. 41: 91-100.

Archive of SID

www.SID.ir

Determination of vernalization requirement and cold tolerance in two bread wheat cultivars

Sarhadi, E.[1], S. Mahfoozi[2] , E. Majidi Hervan[3] and A. Amini.[4]

ABSTRACT

Sarhadi, E., S. Mahfoozi , E. Majidi Hervan and A. Amini. 2012. Determination of vernalization requirement and cold tolerance in two bread wheat cultivars**. Iranian Journal of Crop Sciences. 14(1):29-43. (In Persian).**

This study was conducted to determine the relationship between vernalization requirement and phenological development with expression of low-temperature (LT) tolerance in two bread wheat cultivars acclimated under both controlled and field conditions in cold and temperate climates of Iran. Two bread wheat cultivars (MV17and Shahryar) with different vernalization response and phenological developments were planted under field conditions at Zanjan Agricultural Research Station in cold region and Karaj Agricultural Research Station, Seed and Plant Improvement Institute in temperate zone of Iran in the autumns of 2009. LT tolerance, as measured by LT_{50}, stage of phenological development, as estimated by final leaf number and shoot apex developmental morphology were determined during the autumn and winter seasons. Second set of experiments were conducted under controlled conditions. Norstar (winter wheat) and Azar2 (facultative wheat) cultivars were subjected to cold acclimating temperature (2°C) over a period of 0-89 days and LT tolerance and vernalization fulfillment were measured at various acclimation periods. Results of field experiments showed that winter habit 'cv. MV17' and facultative 'cv. Shahryar reached their maximum LT tolerance at LT_{50}= -19ºC and LT_{50}= -16ºC, respectively, at the point of vernalization fulfillment in Zanjan. While, maximum LT_{50} of MV17 and Shahryar cultivars were -12 and -8ºC in Karaj temperate region, respectively. The level and trends of LT tolerance were different for two cultivars in two different regions. Double ridge was formed very late in plants acclimated in Zanjan cold region. Delay in the vegetative to the reproductive transition in winter wheat cv. MV17 grown in cold region maintained plants for a longer time in the vegetative stage and caused increased level of LT (LT_{50}= -19^{o}C). While plant development to advanced stage reduced the ability of cv. MV17 in Karaj temperate region to acclimate to LT with LT_{50} of about -16^{o}C. Similar results were observed for LT_{50} of cv. Shahryar (facultative wheat). with LT_{50} of about -16^{o}C in Zanjan as compared to LT_{50} of about -12^{o}C in Karaj supporting the regulatory role of developmental traits in the expression of LT. Results of experiments conducted under controlled conditions showed that cv. Norstar (winter wheat) had a longer vernalization requirement (between 35-42 days) than Azar2 (facultative wheat). Maximum level of LT was achieved about the same time as vernalization fulfillment occurred in both cultivars. It is concluded that both the acclimation conditions of regions and plant development had major influence on controlling of LT in bread wheat cultivars.

Key words: Bread wheat, Cold and temperate regions, Development and Veralization requirement.

Received: December, 2010 Accepted: September, 2011

1- M.Sc. Student, Sciences and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2-Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author)
(Email: siroosmahfoozi@yahoo.com)
3- Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute, Karaj, Iran
4- Faculty member, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

Archive of SID
www.SID.ir