

نیاز بهاره سازی در برخی ژنوتیپ های گندم و جو و ارتباط آن با بیان مقاومت به سرما در شرایط کنترل شده و مزرعه

سیروس محفوظی*^۱ و شهریار ساسانی^۲
۱، ۲، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران
(تاریخ دریافت: ۸۵/۲/۴ - تاریخ تصویب: ۸۶/۷/۱۸)

چکیده

بهاره سازی از فرایندهای مهم سازگاری ارقام گندم و جو زمستانه در مناطق سرد است. هدف این تحقیق تعیین عکس العمل برخی ژنوتیپ های گندم و جو به بهاره سازی در دو شرایط مزرعه و کنترل شده و مطالعه ارتباط آن با بیان مقاومت به سرما بود. هشت رقم گندم و چهار رقم جو در تیمارهای دوره های مختلف بهاره سازی در ایستگاه های تحقیقاتی کرج و مراغه به مدت چهار سال بررسی شدند. با استفاده از روش شمارش تعداد آخرین برگ نهایی^۱، تکمیل بهاره سازی^۲ مشخص و با استفاده از روش LT50 میزان مقاومت به سرما تعیین شدند. در مراغه در سال ۱۳۸۱ زمان تکمیل بهاره سازی رقم نورستار^۳ حدود ۱۱ هفته و ارقام آذر^۴ و سرداری هر دو حدود هشت هفته پس از کاشت بود. در سال ۱۳۸۲، نیاز بهاره سازی ارقام مذکور به ترتیب ۱۲، ۸ و ۷ هفته بود. رقم کوهدشت نیاز به بهاره سازی نداشت. جو دوبرینیا^۴ در سال های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ حدود ۸ هفته پس از کاشت به تکمیل بهاره سازی رسید ولی ارقام دیکتو^۵ و ریحانه^۳ نیاز به بهاره سازی نداشتند. در کرج دوره بهاره سازی ارقام نورستار و آذر ۲ طولانی تر و به ترتیب حدود ۱۴ و ۹ هفته بود. در سال ۱۳۸۵ نیاز بهاره سازی ارقام نورستار شهریار و الوند در مزرعه به ترتیب حدود ۱۵، ۶ و ۴ هفته بود. در شرایط کنترل شده، نیاز بهاره سازی ارقام آذر^۴ شهریار و سرداری ۲۸ روز ولی کوهدشت، کویر و زاگرس نیاز به بهاره سازی نداشتند. جو پاییزه دوبرینیا و کولد^۷ پس از ۴ تا ۵ هفته به تکمیل بهاره سازی رسیدند ولی دیکتو و ریحانه^۳ نیاز به بهاره سازی نداشتند. حداکثر مقاومت رقم نورستار در هر دو شرایط کنترل شده و مزرعه در ۲۱°C - و در رقم آذر^۴ به ۱۰°C - در زمان تکمیل بهاره سازی حاصل شد و سپس مقاومت کاهش یافت. از مشابهت روند بهاره سازی شرایط کنترل شده با مزرعه، استنباط می شود که تکمیل بهاره سازی نقطه عطفی در بیان مقاومت به سرما است که بعد از آن کاهش فاحشی در میزان مقاومت پیش می آید.

واژه های کلیدی: تکمیل بهاره سازی، گندم، جو، تعداد برگ نهایی، تحمل انجماد

1. Final Leaf Number (FLN)
2. Vernalization fulfilment
3. Norstar
4. Dobrynia
5. Dicktoo
6. Rihane03
7. Kold

* نویسنده مسئول: سیروس محفوظی

E-mail: Siroosmahfoozi@yahoo.com

مقدمه

حدود ۶۶٪ سطح زیر کشت گندم و جو آبی و دیم کشور در مناطق سرد و مرتفع کوهستانی واقع شده است (۱). در این مناطق، تنش سرما یکی از عوامل محدود کننده افزایش تولید گندم و جو می باشد، به طوری که سالیانه هزاران هکتار از اراضی زیر کشت گندم و جو دچار آسیب جدی از تنش سرما می شوند. در سال زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۴ در استان خراسان نزدیک به ۷٪ کل تولید گندم بر اثر تنش سرمای اواخر زمستان و اوایل بهار از بین رفت (۳۰). آمار بلند مدت نشان می دهد که کاهش ناگهانی دمای هوا بویژه در اواخر فصل زمستان و یا اوایل بهار باعث خسارت به زراعت گندم و جو در اکثر مناطق سرد و حتی سرد معتدل کشور می شود (۲). توانایی ارقام گندم و جو در واکنش به تنش سرما که به وسیله فرایند سازگاری به محیط همچون نیاز به بهاره سازی کنترل می شود از عواملی است که می تواند موفقیت کشت گندم و جو را در این مناطق تضمین نماید. براساس تعریف چاوارد (۶)، بهاره سازی فرایندای است که باعث تسریع در زمان گلدهی غلات می شود. دوره رسیدن یا گلدهی با قرار گرفتن گیاه در دمای پایین کاهش می یابد و بالاخره در نقطه تکمیل بهاره سازی، حداقل تعداد برگ نهایی^۱ تولید می شود. تکمیل بهاره سازی زمانی است که گندم و یا جو زمستانه پس از قرار گرفتن در تیمار بهاره سازی حداقل تعداد برگ خود را در آن مقطع تشکیل می دهند و در نتیجه گیاه زمستانه بعد از آن وارد مرحله زایشی می شود (۲۸، ۴۰). دمای بهینه برای عمل بهاره سازی ۳°C گزارش شده است (۳۳). بهاره سازی بستگی به مدت زمان و تداوم درجه حرارت بحرانی و ژنوتیپ گیاه دارد (۷). در گندم ژنهای هومئواللیک^۲ (*Vm*، *Vm-A1* (*Vm1*)، *Vm-D1* (*Vm3*) و *BI* (*Vm4*)) روی کروموزوم گروه ۵ گندم به عنوان ژنهای اصلی کنترل کننده بهاره سازی گزارش شده اند (۲۲). عکس العمل به بهاره سازی براساس ترکیب و تعداد شکل های مغلوب آلل *vm* تعیین میشود (۲۳). ترکیب اللهای مغلوب *vm* تیپ پاییزه را بوجود می آورد و وجود فقط یک آلل غالب کافی است که گندم

تیپ بهاره پیدا کند (۱۰). درجو نیاز به بهاره سازی با ترکیب ۳ آلل *Sh*، *Sh2*، *Sh3* تعیین می شود و فقط ترکیب آلل های *Sh Sh sh2 sh2 sh3 sh3* تولید تیپ زمستانه می کند (۲۱، ۳۹). ژن *Sh2* جو با ژن *vm1* گندم در کروموزوم گروه ۵ هومئواللیک است (۲۲).

فرایند بهاره سازی در غلات پاییزه علاوه بر آن که باعث می شود گیاه از خطر سرما در طول فصل یخبندان مصون بماند (۱۲، ۲۸)، زمان انتقال از مرحله رویشی به زایشی را نیز کنترل می نماید (۸، ۲۸، ۲۹). گندم و جو بهاره بعد از مدت کوتاهی وارد مرحله زایشی شده و در صورتی که در معرض دمای انجامد قرار گیرند از تنش سرما آسیب می بینند (۲۷، ۲۹). مطالعات اخیر نشان می دهند که میزان و مدت زمان بیان ژنهای مقاومت به سرما بستگی به اثر ژنهای تنظیم کننده نظیر ژن های بهاره سازی دارند (۲۷، ۲۸، ۲۹). در سطح ملکولی، ژنهای بهاره سازی به عنوان " شاه کلید"^۳ در راه اندازی بیان دیگر ژنهای ساختمانی^۴ مقاومت به سرما نظیر ژنهای اختصاصی القا شده بر اثر سرما^۵ (*Wcs120*) نقش دارند (۱۱، ۳۴).

برای تعیین مراحل بیولوژیکی و فنولوژیکی غلات از روش های اندازه گیری واحد حرارتی^۶، تعداد روز^۷ و یا از روش شمارش برگ تا تعداد برگ نهایی (FLN) استفاده می شود (۴۰). طبق نظر ونگ و همکاران (۴۰) از بین این روش ها، تنها FLN تغییرات اساسی بیولوژیکی را بطور وضوح نشان می دهد. همچنین FLN روش مناسبی است که بطور مستقیم تغییرات فنولوژیکی نظیرانتقال از مرحله رویشی به زایشی را منعکس می کند (۱۷) و نیز شاخص مناسب مرفولوژیکی برای تعیین نقطه تکمیل بهاره سازی می باشد (۱۱، ۱۷، ۲۸). بهاره سازی بر روی تعداد برگ نهایی اثر می گذارد و باعث کاهش آن می شود (۳، ۱۸، ۳۲، ۴۰). تعیین FLN در شرایط کنترل شده به این صورت است که در انتهای هر دوره بهاره سازی، گیاهان از دمای پایین به ۲۰ درجه سانتی گراد منتقل و برگها در روی ساقه

3. Master Switch
4. Structural Genes
5. Wheat Cold Specific
6. Thermal Unit
7. Calender Day

1. Minimum Leaf Number
2. Homoeoallelic

از سطح دریا، ارقام گندم نورستار، آذر ۲ و زاگرس در قالب یک آزمایش در شرایط مزرعه در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ بررسی شدند. در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ نیز ارقام زمستانه نورستار، الوند و شهریار و رقم بهاره کویر در قالب یک آزمایش جداگانه در مزرعه بررسی شدند. جزییات نحوه اجرای هر کدام از آزمایشات به شرح زیر بودند:

الف- آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره سازی در ارقام گندم در شرایط فضای باز در مراغه: ارقام زمستانه نورستار، آذر ۲، سرداری و ارقام بهاره کوهدشت و زاگرس در داخل گلدان های آزمایشی به قطر ۱۵ سانتی متر ۴ بذر در ۱۷ مهر ماه سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ کشت و به مدت ۱۸ روز تا ۵ آبان ماه در 20°C قرار گرفتند. بعد از سبز شدن کامل فقط دو بوته نگه داری شدند. قالب طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی (RCBD) در دو تکرار بود. گلدان های با تیمار صفر روز (بدون سرما دهی) در داخل اتاقک رشد باقی ماندند ولی بقیه گلدانها برای تیمار بهاره سازی در انتهای هر دوره تیمار بهاره سازی (۱۳ و ۲۲ آبان ماه، ۷، ۱۳، ۲۰ و ۲۷ آذر ماه، ۷، ۱۱، ۱۸ و ۲۵ دی ماه) از مزرعه به اتاقک رشد با دمای 20°C و با طول روز ۱۶ ساعت و با شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه در روز منتقل شدند. در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ ارقام مذکور در ۲۱ مهر ماه کشت و گلدان های با تیمار صفر روزه (بدون سرما دهی) در داخل اتاقک رشد 20°C با طول روز ۱۲ ساعت روشنایی باقی ماندند ولی بقیه گلدان ها برای تیمار بهاره سازی در انتهای هر دوره تیمار بهاره سازی (۱۶، ۲۵ و ۲۹ آبان ماه، ۴، ۱۷، ۲۱ و ۲۹ آذر ماه، ۵، ۱۲، ۱۹ دی ماه و ۱۲ بهمن ماه) از فضای باز به اتاقک رشد با دمای 20°C منتقل شدند تا اینکه برگ پرچم در روی ساقه اصلی ظاهر شد. تعداد برگ روی ساقه اصلی شمارش و با استفاده از روش تعداد برگ نهایی طبق روش پیشنهادی ونگ و همکاران (۴۰). در کلیه ارقام تعیین و نقطه تکمیل بهاره سازی مشخص شد.

ب- آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره سازی در ارقام جو در شرایط فضای باز در مراغه: آزمایشات جو به طور جداگانه و در قالب طرح آزمایشی مستقل اجرا شدند. زمان کاشت، روش کاشت، طرح آزمایشی مورد استفاده و روش تعیین

اصلی شمارش می شوند تا اینکه برگ پرچم ظاهر شده و FLN روی ساقه اصلی تعیین شود. (بهاره سازی وقتی به نقطه تکمیل می رسد که گیاه دیگر نتواند افزایش یا کاهش برگ داشته باشد (۱۱، ۲۸).

با توجه به ارتباط بسیار مهم نیاز بهاره سازی با مقاومت به سرما (۱۱، ۲۵، ۲۸) و باتوجه به اینکه برخی از سالها زراعت گندم و جو در مناطق سرد و حتی سرد معتدل بر اثر تنش سرما دچار خسارت جدی می شوند (۲، ۳۰)، این تحقیق با اهداف زیر طراحی و به اجرا گذاشته شد:

- تعیین عکس العمل به بهاره سازی تعدادی از ارقام گندم نان و جو متداول در اراضی آبی و دیم کشور تحت دو شرایط مزرعه ای و کنترل شده با استفاده از روش تعداد برگ نهایی (FLN)

- تعیین ارتباط بین تکمیل بهاره سازی با بیان مقاومت به سرما در دو شرایط کنترل شده و مزرعه با استفاده از روش LT50

مواد و روش ها

این تحقیق در قالب آزمایش های مختلفی در شرایط فضای باز در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی مراغه و کرج و نیز در شرایط کنترل شده به شرح زیر اجرا گردید: در ایستگاه تحقیقاتی مراغه با مشخصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۷۲۰ متر از سطح دریا طی سال های زراعی ۸۲-۱۳۸۱ و ۸۳-۱۳۸۲ ارقام گندم زمستانه نورستار، سرداری، آذر ۲ و ارقام بهاره زاگرس و کوهدشت و ارقام جو ریحانه ۰۳، دیکتو، دوبرینیا و کولد در شرایط مزرعه بررسی شدند. به غیر از رقم نورستار که از نیاز طولانی بهاره سازی برخوردار است، بقیه ارقام گندم مورد بررسی از ارقام متداول مناطق سرد، سرد معتدل و گرم کشور بودند. میانگین دماهای حداقل و حداکثر روزانه هوا ((دمای حداکثر + دمای حداقل روزانه)) و میانگین دمای روزانه خاک در عمق ۵ سانتی متری از اوایل شهریور تا اواخر فروردین ماه یادداشت گردید. در ایستگاه تحقیقاتی منطقه سرد معتدل کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی و با ارتفاع ۱۳۲۱ متر

رقم استاندارد با دوره بهاره سازی بسیار طولانی در قالب یک آزمایش در سال ۱۳۸۳ کشت شدند. در آزمایش دوم، ارقام گندم زمستانه متداول در اراضی آبی با نام های ارقام الوند، شهریار و نیز کویر به همراه رقم نورستار در قالب طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی (RCBD) و در ۳ تکرار بررسی شدند. در هر دو آزمایش گندم در شرایط کنترل شده، تعداد ۴ بذر از ارقام مذکور در گلدان های ۱۵ سانتی متری کشت و پس از سبز شدن تعداد ۲ بوته در هر گلدان برای هر کدام از دوره های بهاره سازی در هر تکرار نگه داری شدند. قبل از کشت در گلدان، بذرها در پتری دیش بین کاغذ صافی خیس و به مدت ۲ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد و یک روز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد جهت جوانه زدن قرار گرفتند. در هر گلدان ۲ بذر جوانه زده از هر رقم در مخلوطی از خاک مزرعه، ماسه و خاک برگ به نسبت ۱:۲:۲ کشت و روزانه تحت ۱۶ ساعت روشنایی با شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه قرار گرفتند. گلدان ها بطور یکنواخت با کودهای شیمیایی تغذیه شدند. بعد از دو هفته رشد و استقرار اولیه در دمای ۲۰°C، ارقام گندم در ۹ دوره بهاره سازی (۰ (صفر)، ۷، ۱۴، ۲۸، ۳۵، ۴۲، ۴۹، ۶۳ و ۹۸ روزه) داخل اتاقک رشد در دمای ۴ درجه سانتی گراد بهاره سازی شدند. پس از اتمام هر دوره بهاره سازی، گلدان ها به اتاقک رشد با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد با ۱۶ ساعت طول دوره روشنایی منتقل شدند و FLN تعیین شد.

ث- آزمایش تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام جو در شرایط کنترل شده: در آزمایش جو، ارقام دوبرینیا، کولد، ریحانه ۰۳ و دیکتو در سه تکرار در ۵ دوره بهاره سازی به ترتیب ۰ (صفر)، ۷، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ روزه در دمای ۴ درجه سانتی گراد بهاره سازی شدند. اجرای آزمایش در کرج و در سال ۱۳۸۴ صورت گرفت. تمام عملیات آزمایشی، روش های کاشت و داشت و شرایط نور و دمای اتاقک رشد، و نوع طرح آزمایشی مانند آزمایشات گندم بود.

ج- آزمایشات تعیین ارتباط طول دوره بهاره سازی با مقاومت به سرما در گندم در دو شرایط کنترل شده و مزرعه: در این آزمایشات، میزان مقاومت به سرما بر اساس روش پیشنهادی لایمین و فولر (۲۵) با تعیین LT50

نیاز بهاره سازی در ارقام جو در شرایط فضای باز مشابه با شرایط آزمایشات گندم بود. در آزمایشات جو، ارقام زمستانه دوبرینیا و کولد و ارقام بهاره ریحانه ۰۳ و دیکتو مورد بررسی قرار گرفتند.

پ- آزمایشات تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام گندم در شرایط مزرعه در منطقه سرد معتدل کرج: در پاییز سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴، ارقام نورستار، آذر ۲ و زاگرس در ۲۰ مهر ماه در قالب طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی در دو تکرار کشت شدند. در انتهای هر دوره تیمار بهاره سازی (۲۱ آبان ماه، ۱۴ و ۲۸ آذر ماه، ۱۳ دی ماه، ۳ بهمن، ۱۴ اسفند)، ۵ بوته از هر کرت آزمایشی در هر تکرار با ریشه جدا شده و به همراه خاک مزرعه در گلدان های آزمایشی به قطر و ارتفاع ۲۵ سانتی مترکشت و سپس به اتاقک رشد با دمای ۲۰°C با طول روز ۱۶ ساعت و با شدت نور ۴۰۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند. شمارش تعداد برگ بر روی ساقه اصلی تا زمان ظهور برگ پرچم ادامه داشت. در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵، ارقام نورستار، الوند، شهریار و کویر در ۲۴ مهر ماه و در قالب طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند. در انتهای هر دوره تیمار بهاره سازی (۶ و ۲۰ آبان ماه، ۴ و ۱۴ آذر ماه، ۲ و ۱۹ دی ماه، ۲۳ بهمن، و ۱۲ اسفند)، ۴ بوته از هر کرت آزمایشی در هر سه تکرار در مزرعه با ریشه جدا شده و به همراه خاک مزرعه در گلدان های آزمایشی به قطر ۲۵ سانتی متر و ارتفاع ۲۵ سانتی متری کشت و سپس به اتاقک رشد با دمای ۲۰°C و با طول روز ۱۶ ساعت و با شدت نور ۴۰۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند.

ت- آزمایشات تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام گندم در شرایط کنترل شده: تعیین طول دوره نیاز بهاره سازی در بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در شرایط کنترل شده در اتاقک های رشد سرد (۴°C) در قالب دو آزمایش جداگانه هر کدام با استفاده از طرح آزمایشی بلوکهای کامل تصادفی (RCBD) و در ۳ تکرار اجرا گردیدند. در آزمایش اول، برخی از ارقام تجاری گندم مورد کشت در اراضی دیم کشور مشتمل بر ارقام آذر ۲، سرداری، زاگرس و کوهدشت و نیز رقم نورستار به عنوان

بهمین ماه و ۱۴ اسفند ماه ۱۳۸۴ از هر کرت آزمایشی بوته‌های مورد نیاز جمع آوری و سپس آزمون انجماد برای تعیین LT50 به روش ذکر شده در بالا صورت گرفت. در کلیه آزمایشات تجزیه‌های آماری و مقایسات میانگین با استفاده از برنامه نرم افزاری SAS تعیین شدند در مواردی که کرت گمشده وجود داشت (کرت‌های نامتعادل) از دستور GLM برای تجزیه واریانس و مقایسات میانگین‌ها استفاده شد (۳۵).

نتایج

الف- آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره‌سازی در ارقام گندم در شرایط فضای باز در مراغه: میانگین ((حداکثر + حداقل)/۲) دمای روزانه هوا و نیز دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری در فصول پاییز و زمستان در دو سال زراعی برای رشد و استقرار بوته‌ها، سازگاری به سرما و نیز روند بهاره‌سازی مناسب بوده است (شکل شماره ۱). برای صفت FLN در کلیه آزمایش‌های مزرعه‌ای، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ در بین ارقام از نظر نیاز بهاره‌سازی وجود داشت. اثر متقابل رقم با دوره‌های تیمار بهاره‌سازی نیز معنی‌دار بود (جدول نشان داده نشده‌اند). همان طوری که در شکل‌های شماره ۲ الف و ب مشاهده می‌شود با کاهش دمای هوا، ارقام زمستانه شروع به کاهش شدید FLN نمودند. تعداد برگ‌ها با افزایش دوره بهاره‌سازی و سازگاری به سرما بیشتر کاهش پیدا نمود. تا این که روند کاهش به تدریج کمتر شده است. در شرایط سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱، رقم گندم نورستار FLN خود را از حدود ۲۵ برگ در ۶ آبان ماه به ۱۳ برگ بعد از حدود ۱۲ هفته روز پس از کاشت (۵ دی ماه) رساند. از ۲۷ آذر ماه تا ۴ دی ماه به بعد کاهشی در FLN صورت نگرفت که دلیل بر تکمیل بهاره‌سازی در این رقم بود (شکل ۲ الف).

ارقام گندم آذر ۲ و سرداری حدود ۸ هفته پس از کاشت (۱۳ تا ۲۰ آذر ماه) نیاز بهاره‌سازی را تکمیل نمود. رقم بهاره‌کوه‌دشت نیز به بهاره‌سازی نداشت زیرا FLN در این رقم در طول دوره‌های تیمار بهاره‌سازی بین ۸ و ۹ بود و ثابت ماند (شکل ۲-الف). در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲، با روند مشابهی رقم نورستار حدود ۱۲ هفته پس از کاشت

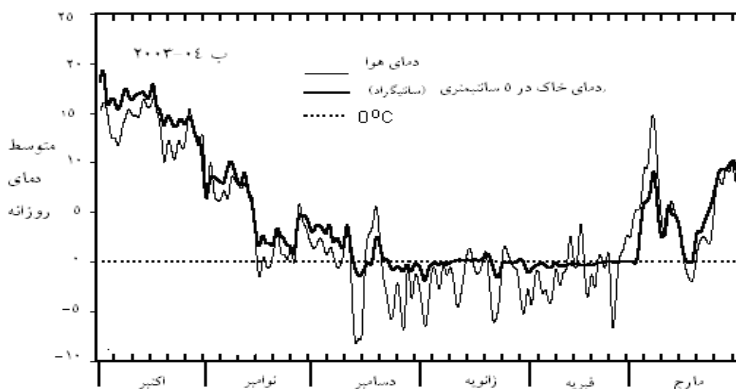
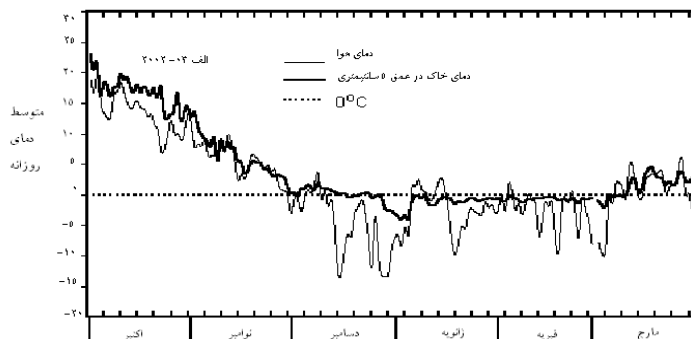
ارتباط آن با طول دوره بهاره‌سازی در دو شرایط کنترل شده و مزرعه در قالب دو آزمایش جداگانه بررسی شدند. روش LT50 سری دماهای انجماد است که در آن ۵۰٪ بوته‌ها بر اثر آن دما از بین می‌روند. در شرایط کنترل شده، رقم نورستار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار کشت شد. دوره‌های سازگاری به سرما^۱ و تعیین میزان مقاومت (LT50) به ترتیب ۰، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ۴۲، ۵۶ و ۹۸ روز در ۴ درجه سانتی‌گراد بود. برای تعیین LT50، از هر تکرار برای ۵ دمای انجماد انتخابی، تعداد ۲۵ بوته از محیط کنترل شده (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) جمع‌آوری و با قیچی قسمت‌های اضافی ریشه و ساقه حذف شده و طوقه گیاه برای آزمون انجماد آماده شد. بسته به زمان نمونه برداری، پنج درجه انجماد در هر بار آزمون انجماد منظور و برای هر درجه انجماد تعداد ۵ بوته در نظر گرفته شد. در روش LT50، نمونه‌ها (طوقه گیاهان) در داخل ظروف آلومینیومی حاوی ماسه مرطوب در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شد و روز بعد دمای فریزر قابل برنامه‌ریزی با رایانه به ازای هر یک ساعت ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. هر بار که فریزر به دمای انجماد مورد نظر رسید نمونه‌ها از فریزر خارج و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در طول شب نگهداری شد و روز بعد در گلخانه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد کشت و پس از سه هفته درصد بوته‌های مرده و زنده ثبت و میزان LT50 تعیین شد. برای تعیین نیاز بهاره‌سازی، ۱۰ دوره تیمار بهاره‌سازی به ترتیب ۰، ۷، ۱۴، ۲۸، ۳۵، ۴۲، ۴۹، ۶۳ و ۹۸ روز در ۴ درجه سانتی‌گراد اعمال و در انتهای هر دوره بهاره‌سازی، گلدان‌های حاوی گیاهان به دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد با طول روشنایی ۱۶ ساعت در روز و با شدت ۳۵۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند.

برای تعیین LT50 در شرایط مزرعه در کرج، دو رقم نورستار و آذر ۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در ۲۰ مهر ماه سال ۱۳۸۴ کشت شدند. هر کرت آزمایشی مشتمل بر ۶ ردیف ۲۰ سانتی متری به طول ۲ متر بود. در تاریخ‌های ۲۱ آبان ماه، ۱۴ و ۲۸ آذر ماه، ۳

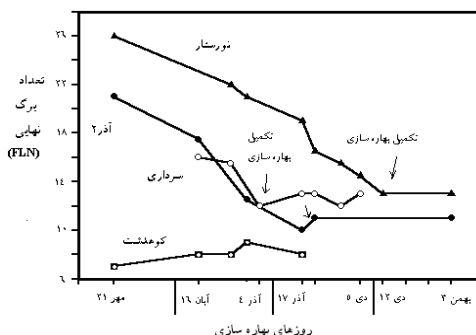
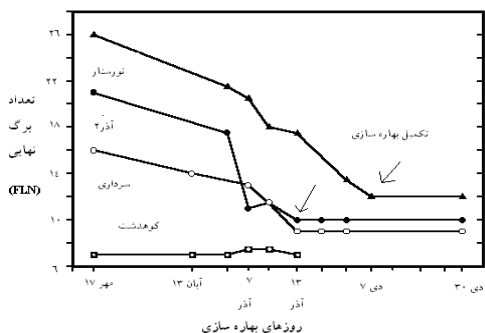
1. Cold Acclimation

بهاره سازی را تکمیل نمودند ولی رقم بهاره کوهدشت نیاز به بهاره سازی نداشت (شکل ۲-ب).

(بین ۵ تا ۱۲ دی ماه) و ارقام آذر ۲ و سرداری به ترتیب حدود ۸ و ۷ هفته پس از کاشت (۱۷ و ۱۰ آذر ماه) نیاز

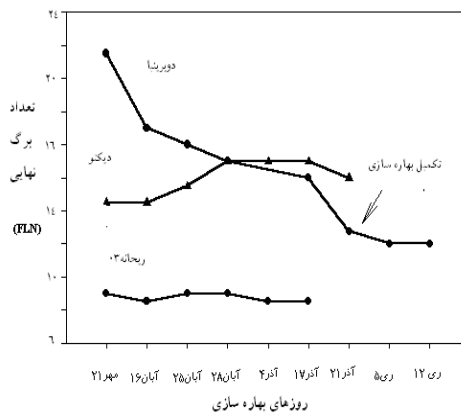
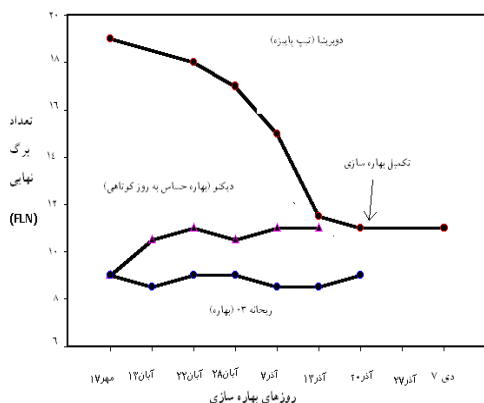


شکل ۱- میانگین ((حداکثر + حداقل)/۲) دمای روزانه هوا و میانگین دمای روزانه خاک در عمق ۵ سانتی متری در ایستگاه مراغه در سال های زراعی ۸۲-۱۳۸۱ و ۱۳۸۳-۱۳۸۲



شکل ۲ الف - FLN ارقام زمستانه گندم نورستار، سرداری و آذر ۲ و رقم بهاره کوهدشت در شرایط مزرعه سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ (SE=۰/۰۶۴)

شکل ۲ ب - FLN ارقام گندم زمستانه نورستار و آذر ۲ و رقم بهاره کوهدشت در شرایط مزرعه سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ (SE=۰/۰۵۰)

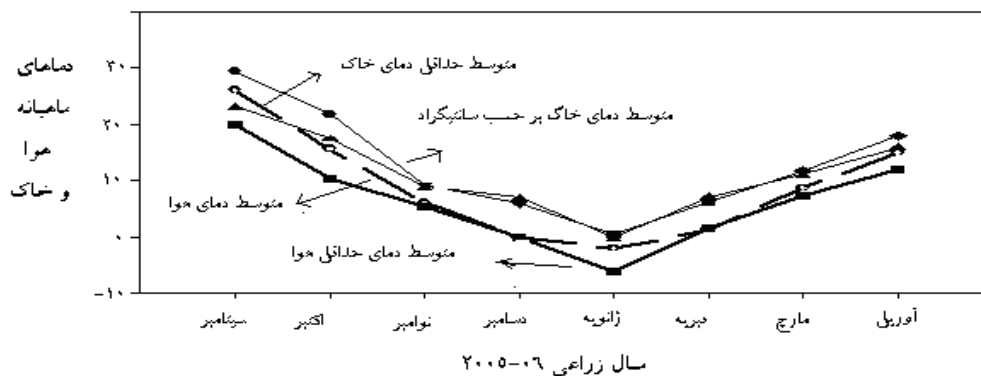


شکل ۳- الف- FLN جو رقم زمستانه دوبرینیا و ارقام بهاره ۰۳ و دیکتو که در شرایط مزرعه سال ۸۲-۱۳۸۱ بهاره‌سازی و به ۱۶ ساعت طول روشنایی در ۲۰°C منتقل شده اند (SE=۰/۶).

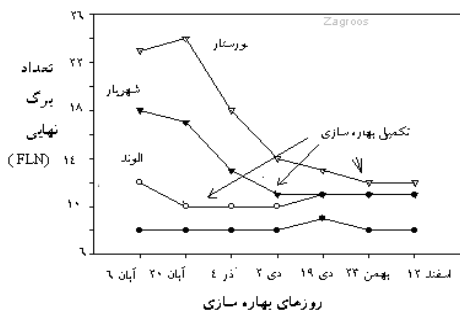
شکل ۳- ب- FLN جو رقم زمستانه دوبرینیا و ارقام بهاره ۰۳ و دیکتو که در شرایط مزرعه سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ بهاره‌سازی و به ۱۲ ساعت طول روشنایی در ۲۰°C منتقل شده اند (SE=۰/۴۰).

حدود ۲۱ آذر ماه بود (شکل ۳ ب). این رقم با قرار گرفتن در تیمار بهاره‌سازی، FLN را در هفته‌های اول بهاره‌سازی بطور محسوسی کاهش داد اما به تدریج روند کاهش کمتر شد. در مقابل ارقام بهاره ۰۳ و دیکتو نیاز به بهاره‌سازی نداشتند (شکل ۳ الف و ب). رقم دیکتو بسیار حساس به طول روز است (۲۸) و احتمالاً بدلیل حساسیت به کوتاهی طول روز تمایل در افزایش FLN نشان داده است.

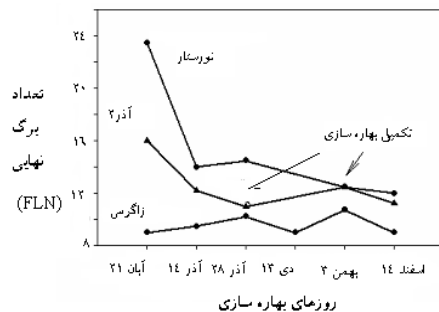
ب- نتایج آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره‌سازی در ارقام جو در شرایط فضای باز در مراغه: نتایج آزمایشات جو در شکل‌های ۳ (الف و ب) نشان می‌دهند رقم دوبرینیا جزو ارقام دارای دوره بهاره‌سازی طولانی بوده و در شرایط آب و هوایی سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ در ایستگاه مراغه، محدوده تکمیل بهاره‌سازی آن حدود ۸ هفته پس از کاشت (بین ۱۳ تا ۲۰ آذر ماه) قرار داشت. در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ زمان تکمیل بهاره‌سازی ۸ هفته پس از کاشت در



شکل ۴- میانگین ((حداکثر + حداقل)/۲) دماهای ماهیانه هوا و خاک در عمق ۵ سانتی متری و متوسط دماهای حداقلی هوا و خاک در ایستگاه کرج در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴



شکل ۵-ب- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، الوند و شهریار و رقم بهاره کویر تحت تیمار بهاره سازی در شرایط مزرعه در کرج در پاییز و زمستان سال ۱۳۸۵ بهاره سازی و به ۱۶ ساعت طول روشنایی در ۲۰ °C منتقل شده اند. (SE=۰,۳۲)



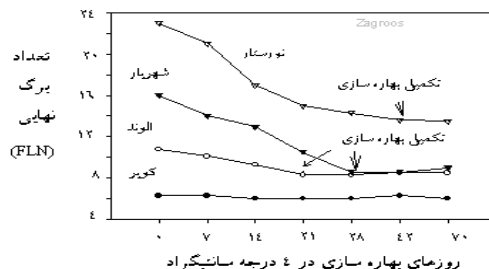
شکل ۵-الف- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، آذر ۲ و رقم بهاره زاگرس تحت تیمار بهاره سازی در شرایط مزرعه در کرج در پاییز و زمستان سال ۱۳۸۴ بهاره سازی و به ۱۶ ساعت طول روشنایی در ۲۰ °C منتقل شده اند (SE=۰,۵۳)

FLN در طول دوره بهاره سازی بین ۸ و ۹ برگ ثابت ماند (شکل ۵-الف). در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ نیز روند مشابهی مشاهده شد و در رقم نورستار تعداد برگ از ۲۳ در تاریخ ۶ آبان ماه به ۱۲ برگ در ۲۳ بهمن ماه رسید و در نتیجه طول دوره بهاره سازی آن طولانی و حدود ۱۵ هفته پس از کاشت بود (شکل ۵-ب). طول دوره بهاره سازی رقم شهریار حدود ۶ هفته بود. FLN از ۱۸ برگ در ۶ آبان ماه به ۱۱ برگ در ۲ دی ماه رسید و بعد از آن ثابت ماند. ولی در رقم الوند دوره تکمیل بهاره سازی حدود ۴ هفته پس از کاشت (۱۴ آذر ماه) بود. رقم بهاره کویر نیاز به بهاره سازی نداشت (شکل ۵-ب).

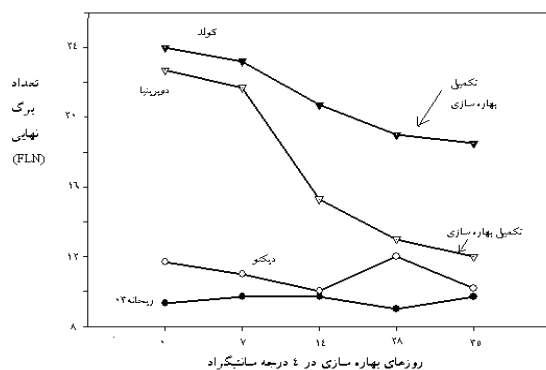
پ- نتایج آزمایشات تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام گندم در شرایط مزرعه در کرج: در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ میانگین دمای روزانه هوا و عمق خاک در ۵ سانتی متری و نیز متوسط دماهای حداقل هوا و خاک بیانگر شرایط مناسب برای سازگاری به سرما بود (شکل ۴). در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴، رقم گندم نورستار FLN خود را از حدود ۲۴ برگ در ۲۱ آبان ماه به ۱۲ برگ بعد از حدود ۱۴ هفته پس از کاشت (۳ بهمن ماه) رسانده و از آن به بعد کاهش FLN صورت نگرفت (شکل ۵ الف). رقم آذر ۲، حدود ۹ هفته پس از کاشت (۲۸ آذر ماه) نیاز بهاره سازی را تکمیل نمود و رقم بهاره زاگرس نیاز به بهاره سازی نداشت زیرا



شکل ۶- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، آذر ۲ و سرداری و ارقام بهاره زاگرس و کوهدشت تحت تیمار بهاره سازی در شرایط کنترل شده در دمای ۴ °C و طول روشنایی ۱۲ ساعت قرار گرفتند و به اتاقک رشد با دمای ۲۰ °C و با ۱۶ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند (SE=۰/۴۰)



شکل ۷- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، الوند و شهریار و رقم بهاره کویر تحت تیمار بهاره سازی در شرایط کنترل شده در دمای ۴ °C و طول روشنایی ۱۶ ساعت قرار گرفت و به اتاقک رشد با دمای ۲۰ °C و با ۱۶ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند (SE=۰/۷۵)



شکل ۸- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام جو بهاره دیکتو و ریحانه ۰۳، و ارقام زمستانه کولد و دورینیا که در طول روشنایی ۱۲ ساعت تحت تیمار بهاره سازی در شرایط کنترل شده در دمای ۴°C قرار گرفته و به اتافک رشد با دمای ۲۰°C با ۱۶ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در نایه منتقل شدند (SE=۰/۴۷).

بهاره سازی رسیدند. ارقام دیکتو و ریحانه ۰۳ نیاز به بهاره سازی نداشتند و به همین دلیل کاهش FLN آنها مشاهده نشد (شکل ۸).

ج- نتایج آزمایشات تعیین ارتباط طول دوره بهاره سازی با مقاومت به سرما در گندم در شرایط کنترل شده و مزرعه: همان طوری که در شکل ۹ - الف مشاهده می شود رقم نورستار در دمای ۴ درجه سانتی گراد بهاره سازی، دارای نیاز طولانی به بهاره سازی (بین ۴۲ تا ۴۹ روز) بوده است. نورستار در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد حدود ۲۵ برگ تولید کرد ولی با قرار گرفتن در دمای ۴ درجه سانتی گراد FLN کاهش یافت و بین ۴۲ تا ۴۹ روز بهاره سازی، به ۱۲ برگ رسید و بعد از آن کاهش در FLN صورت نگرفت. همچنین از شکل ۹ - ب ملاحظه می شود تا زمان تکمیل بهاره سازی، میزان مقاومت به سرما افزایش یافت و در زمان تکمیل بهاره سازی به حداکثر مقاومت رسید (LT50 = -۲۱°C) ولی بعد از آن مقاومت کاهش یافت. در شرایط مزرعه (کرج) نیز روند مشابه با شرایط کنترل شده بدست آمد (شکل ۹-ج). به طوری که حداکثر مقاومت به سرما (LT50 = -۲۱°C) در ۳ بهمن ماه و باز در محدوده تکمیل بهاره سازی حاصل شد. اما در رقم آذر ۲، حداکثر مقاومت برابر ۱۰°C بود.

بحث

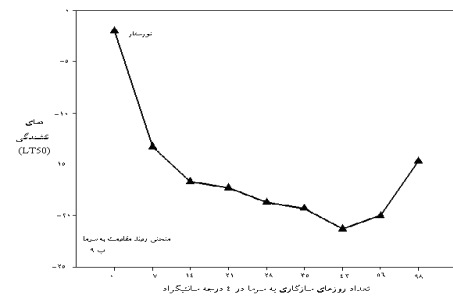
بهاره سازی نیاز به دمای پایین دارد و دمای بهینه حدود ۳ درجه سانتی گراد است (۳۳ و ۴۰). اندازه گیری متوسط دماهای روزانه هوا و خاک در ایستگاه مراغه در سال

ت- نتایج آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره سازی در ارقام گندم در شرایط کنترل شده: تفاوت معنی داری برای صفت FLN ارقام و نیز دوره های تیمار بهاره سازی در سطح ۱٪ مشاهده شد (جدول تجزیه واریانس نشان داده نشده اند). در کلیه آزمایشات اثر متقابل رقم با دوره های تیمار بهاره سازی در سطح ۱٪ معنی دار بود. تغییرات FLN در شکل ۶ نشان می دهد که رقم نورستار FLN را از حدود ۲۵ برگ (در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد) به ۱۲ برگ پس از حدود ۷ هفته تیمار بهاره سازی (بین ۴۲ تا ۴۹ روز سرما دهی) رساند و از آن به بعد کاهش در FLN صورت نگرفت (شکل ۶). رقم آذر ۲ بین ۴ تا ۵ هفته (۲۸ تا ۳۵ روز) و رقم سرداری پس از ۴ هفته تیمار بهاره سازی (۲۸ روز سرما دهی)، به نقطه تکمیل بهاره سازی رسیدند (شکل ۶). ارقام کوهدشت و زاگرس نیاز به بهاره سازی نداشتند. تغییرات FLN در شکل ۷ نشان می دهد که در رقم نورستار، FLN از حدود ۲۴ برگ در صفر روز (در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد) به حدود ۱۲ برگ پس از ۷ هفته تیمار بهاره سازی (۴۹ روز) رسید و بعد از آن کاهش در FLN صورت نگرفت (شکل ۷). رقم شهریار پس از ۴ هفته (۲۸ روز تیمار سرما دهی) و رقم الوند پس از ۳ هفته (۲۱ روز) به محدوده تکمیل بهاره سازی رسیدند (شکل ۷). رقم کویر نیاز به بهاره سازی نداشت.

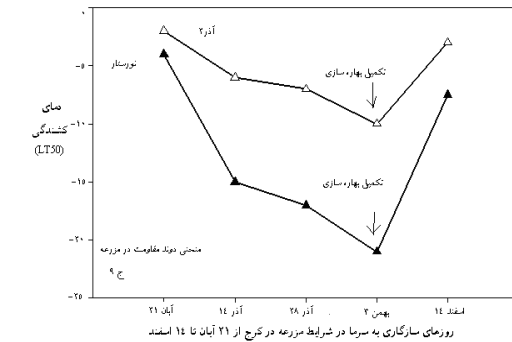
ث- نتایج آزمایش تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام جو در شرایط کنترل شده: ارقام زمستانه جو دورینیا و کولد دارای نیاز بهاره سازی طولانی بوده و با قرار گرفتن در دمای ۴°C، بین ۴ تا ۵ هفته (۲۸ تا ۳۵ روز) به نقطه تکمیل

می‌رسد طول دوره بهاره سازی در ارقام به قابلیت سازگاری آنها بستگی به شرایط آب و هوایی مناطقی دارند که از آن مناطق منشاء گرفته و سازگار شده اند. این نوع فرایند سازگاری رقم به محیط که بر پایه انتخاب برتر صورت گرفته باعث می‌شود که در مناطق سرد، ارقام زمستانه بتوانند در طول فصل زمستان تنش سرما را با کمترین آسیب سپری کنند. طبق گزارشات علمی منتشره، طولانی بودن دوره بهاره سازی باعث ادامه بیان ژن های مرتبط با مقاومت به سرما شده (۱۳، ۳۱) و در نهایت گیاه را در مناطق سرد در برابر تنش سرما مصون نگه می‌دارد. در مقابل ارقامی نظیر کوهدشت و زاگرس به دلیل انتخاب در مناطق گرم نیاز به بهاره سازی ندارند و پس از مدت بسیار کوتاهی وارد مرحله زایشی شده و نسبت به تنش سرما حساس می‌شوند (۳۱).

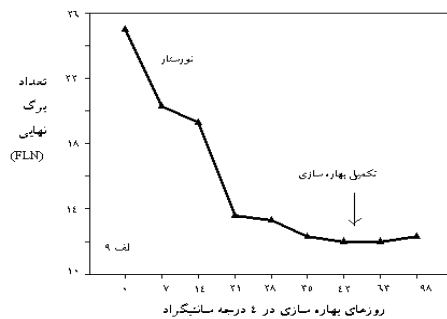
های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ بیان گر آن است که تغییرات دمای هوا از +۱۵ تا -۱۵ و دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری از صفر تا ۴- درجه سانتی گراد متغیر بوده و حدوث چنین شرایط دمایی در مناطق سرد و کوهستانی شمال غرب کشور متداول می‌باشد. در این تحقیق، ارقام عکس العمل متفاوتی به شرایط بهاره سازی نشان دادند. رقم نورستار به دلیل نیاز طولانی به بهاره سازی یکی از ارقام سازگار به مناطق بسیار سرد با زمستان طولانی است که در برخی از مناطق سرد ایالت ساسکاچوان کانادا مورد کشت قرار می‌گرفت (۱۱). در تحقیق حاضر نیز آن چنان که انتظار می‌رفت این رقم در منطقه مراغه دارای طولانی ترین نیاز بهاره سازی بود. در مقابل ارقام گندم متداول در مناطق سرد شمال غرب کشور ما، نظیر آذر ۲ و سرداری از نظر طول دوره بهاره سازی دارای نیاز متوسطی هستند. به نظر



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۹- ارتباط تکمیل بهاره سازی با بیان مقاومت به سرما. در شکل ۹ الف تکمیل بهاره سازی در رقم نورستار در شرایط کنترل شده (SE = ۰.۴) در شکل ۹ ب منحنی روند مقاومت به سرما در رقم نورستار در شرایط کنترل شده (SE = ۰.۴) و در شکل ۹ ج منحنی روند مقاومت در شرایط مزرعه در کرج در دو رقم گندم زمستانه آذر ۲ و نورستار در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ نشان داده شده اند. (SE=۱).

نتایج تعیین نیاز بهاره‌سازی ارقام نورستار، آذر ۲ و زاگرس در شرایط مزرعه در کرج، اگر چه روند مشابه با نتایج ایستگاه مراغه را نشان می‌دهند اما تفاوتی از نظر طولانی بودن دوره بهاره‌سازی در رقم نورستار در منطقه معتدل کرج در مقایسه با ایستگاه مراغه مشاهده می‌شود. به طوری که در کرج، تکمیل بهاره‌سازی رقم نورستار اوایل بهمن ماه بوده که احتمالاً متأثر از بالا بودن دمای هوا در فصول پاییز و زمستان منطقه کرج در مقایسه با منطقه سرد مراغه است. شواهد علمی دلالت بر این دارند که به دلیل وجود اثر متقابل بین رقم و دمای بهاره‌سازی، زمان تکمیل بهاره‌سازی با افزایش دمای بهاره‌سازی در برخی ارقام طولانی‌تر می‌شود (۴، ۳۳، ۴۰). رقم الوند از ارقام بینابینی است که در مناطق سرد با زمستان ملایم مورد کشت قرار می‌گیرد و مدت زمان بهاره‌سازی آن کمتر از رقم زمستانه شهریار است. رقم الوند در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ در منطقه خراسان دچار آسیب جدی از سرما شد (۲، ۳۰).

اکثر مطالعات مرتبط با تعیین نیاز بهاره‌سازی، عمدتاً در شرایط کنترل شده انجام گرفته است ولی نتایج تحقیق حاضر که از هر دو شرایط کنترل شده و مزرعه به دست آمده اطلاعات بیشتری از نظر عکس العمل ارقام در هر دو شرایط محیطی ارائه می‌دهد. نتایج تحقیق حاضر بیان‌گر مطابقت نتایج شرایط کنترل شده با شرایط مزرعه ای با روش FLN است. اگر چه بسیاری از محققین از روش تعداد روز تا زمان گل‌دهی، برای تعیین نیاز بهاره‌سازی استفاده کرده‌اند (۹، ۱۶، ۲۰، ۳۶، ۳۷). ولی همان طوری که قبلاً هی و کربی (۱۷) و نیز ونگ و همکاران (۴۰) اظهار داشته‌اند به دلیل آن که روش FLN رابطه بین تکمیل بهاره‌سازی با تغییرات نموی در مریستم انتهایی را به خوبی انعکاس می‌دهد از مناسب‌ترین روش‌ها برای تعیین نیاز بهاره‌سازی در مطالعات بیولوژیکی است. در این تحقیق در هر دو شرایط کنترل شده و مزرعه (در هر دو ایستگاه کرج و مراغه) رابطه مهمی بین تکمیل بهاره‌سازی و بیان مقاومت به سرما در سطح فنوتیپی مشاهده شد. در هر دو رقم آذر ۲ و نورستار حداکثر مقاومت در زمان تکمیل بهاره‌سازی بدست آمد که نقطه عطفی در بیان مقاومت است و بعد از آن میزان مقاومت بسیار کاهش یافته است. نکته قابل

نتایج مشابهی بر روی ارقام بهاره و زمستانه توسط پراسیل و همکاران (۲۰۰۴) در کشور چک، لایمین و همکاران (۲۰۰۳) و فولر و همکاران (۱۹۹۹) در کانادا گزارش شده‌اند. علاوه بر آن، شواهد علمی متعددی در سطح ملکولی نیز بیان‌گر آن هستند که بیان ژنهای ساختمانی مقاومت به سرما با آغاز مرحله زایشی به شدت کاهش می‌یابند (۱۴، ۲۷).

نتایج آزمایشات جو نیز در شرایط مزرعه بیان‌گر آن بود رقم پاییزه دوبرنیا که منشا آن از کشور روسیه است دارای نیاز طولانی به بهاره‌سازی بوده و در اواخر آذر ماه نیاز بهاره‌سازی را تکمیل کرده است. این نتیجه با یافته‌های محفوظی و همکاران (۲۰۰۱) بر روی رقم پاییزه کولد که در شرایط کنترل شده (دمای °C ۴ و در ۲۰ ساعت طول روشایی) صورت گرفته هم خوانی دارد. طبق گزارشات منتشر شده، حداکثر مقاومت به سرمای ارقام زمستانه جو در ایستگاه مراغه در اواخر آذر ماه بدست آمده است (۲۹). رقم ریحانه ۰۳ از ارقام تیپ بهاره متداول در مناطق معتدل و گرم کشور است و در این تحقیق نیز به دلیل عدم کاهش FLN نیاز به بهاره‌سازی نداشت. رقم دیکتو بسیار حساس به طول روز است و در شرایط طول روز کوتاه، دوره رویشی آن افزایش می‌یابد ولی با کشت در شرایط طول روز بلند بعد از مدت بسیار کوتاهی وارد مرحله زایشی می‌شود (۲۷). در تحقیق حاضر نیز مشاهده می‌شود که رقم دیکتو به دلیل حساسیت شدید به کوتاهی طول روز (در فصول پاییز و زمستان) از طریق افزایش FLN، طول دوره رویشی خود را افزایش داده است. نتایج برخی گزارشات، بیان‌گر آن هستند که افزایش دوره رویشی باعث افزایش مدت زمان بیان پروتئین‌های اختصاصی مقاومت به سرما از خانواده WCS120 می‌شود (۱۳، ۲۷). تحقیقات انجام شده توسط برخی از محققین نیز بیان‌گر آن است که پس از تکمیل بهاره‌سازی ارقام جو، برجستگی‌های دوگانه^۱ که نشان قابل مشاهده انتقال از مرحله رویشی به زایشی است پدیدار می‌شود و در نتیجه گیاه وارد مرحله زایشی شده و مقاومت آن به تنش سرما کاهش می‌یابد (۱۷، ۲۰، ۲۶، ۲۷، ۲۹).

1. Double Ridge

بر روی بیان ژنهای مقاومت به سرما تاثیر می گذارند. نتایج تحقیق حاضر در خصوص ارتباط نزدیک بین میزان مقاومت به سرما و تکمیل بهاره سازی (در هر دو منطقه سرد و معتدل) با فرضیه "کنترل نموی مقاومت به سرما" که توسط برخی از محققین ارائه شده است (۱۲، ۱۴، ۲۵، ۲۸) همخوانی کامل نشان می دهد. بر اساس این فرضیه، میزان مقاومت به سرما بستگی به میزان و یا سطح^۳ بیان مقاومت رقم و طول دوره^۴ بیان مقاومت دارد. طول دوره بیان مقاومت نیز به وسیله ژن های کنترل کننده متعددی از قبیل ژنهای نموی (نظیر بهاره سازی) کنترل می شوند. در تحقیق حاضر نیز در شرایط مزرعه، حداکثر مقاومت در رقم آذر ۲ ($LT50 = -10^{\circ}C$) پس از تکمیل بهاره سازی کاهش یافته و در رقم نورستار نیز، حداکثر میزان $LT50$ برابر $^{\circ}C -21$ در ۳ بهمن ماه و مصادف با زمان تکمیل بهاره سازی حاصل شده است. از مجموعه تحقیق حاضر و دیگر تحقیقات مشابه چنین تصور می شود علاوه بر دیگر عوامل ژنتیکی موثر در مقاومت، نقش نیاز بهاره سازی بر مدت زمان بیان مقاومت در گندم و جو اجتناب ناپذیر است. نیاز بهاره سازی جزو فرایند مهم سازگاری ارقام زمستانه گندم و جو به محیط است که باعث می شود گیاهان بتوانند رشد و چرخه رویشی و زایشی خود را متناسب با تغییرات فصل کنترل کنند. با استفاده از روش های به نژادی می توان نسبت به ایجاد ارقام سازگار به شرایط محیطی مختلف با طول دوره بهاره سازی متناسب، از طریق ترکیب عوامل کنترل کننده گل دهی، از قبیل ژنهای بهاره سازی و فتوپریود و یا با استفاده از دیگر ژنهای موثر در سطح مقاومت رقم اقدام نمود.

توجه در این 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 مقاوم به سرما است توانسته حداکثر میزان مقاومت را به دست آورده و به میزان مقاومت مساوی با شرایط کنترل شده ($LT50 = -22^{\circ}C$) برسد. در دیگر گزارشات نیز میزان $LT50$ رقم نورستار در شرایط کنترل شده حدود $^{\circ}C -22$ ذکر شده است (۱۱، ۱۲، ۲۸). هر چند در تحقیقاتی که قبلا در شرایط مزرعه در منطقه سرد انجام شده، میزان $LT50$ رقم نورستار برابر $^{\circ}C -26$ گزارش شده (۳۱) ولی همان طوری که انتظار می رود این روند احتمالا متأثر از وجود شرایط بسیار مناسب آب و هوایی برای سازگاری رقم در منطقه سرد بوده است. نتیجه تحقیق حاضر نیز صرفنظر از سطح بیان^۱ مقاومت، با دیگر نتایج هم خوانی دارد (۱۱، ۲۴، ۲۵).

در خصوص ارتباط نزدیک بین میزان مقاومت به سرما با نیاز بهاره سازی، عده ای از محققین معتقد هستند که ژنهای بهاره سازی با ژنهای مقاومت به سرما نظیر ژن *Frl* روی کروموزمهای گروه ۵ پیوستگی نزدیک دارند (۱۵). عده ای نیز عقیده دارند که ژنهای بهاره سازی بصورت چند اثری^۲ بر روی تیپ رشد و بیان ژنهای مقاومت به سرما دخالت دارند (۵، ۱۱، ۳۸). مطالعات بر روی ناحیه ای در روی کروموزمهای گروه ۵ گندم نان به ویژه بر روی بازوی بلند کروموزوم 5A نشان می دهد که ناحیه *Vrn-A* در تعیین دوره نیاز بهاره سازی، کنترل زمان گلدهی و بالاخره بر بیان مقاومت به سرما نقش دارد. مطالعات توسط لایمین و همکاران (۲۵) و نیز فولر و لایمین (۱۴) مبین آن است که ناحیه *Vrn-A* در بر گیرنده ژن های کنترل کننده بهاره سازی و مجموعه ای از ژنهای موثر در گلدهی می باشد که

3. Level
4. Duration

1. Level of expression
2. Pleiotropic

REFERENCES

1. Anonymous, 2003. Reports of Statistics and Information Technology General Office. Jihad-Agricultural Ministry, Islamic Republic of Iran.
2. Anonymous, 2005. The 66th weekly wheat bulletin of wheat project office. Jihad – Agricultural Ministry, Islamic Republic of Iran.
3. Berry, G. J., P. A. Salisbury, & G. M. Halloran. 1980. Expression of vernalization genes in near-isogenic wheat lines: duration of vernalization period. *Ann. Bot.* 46:235-241.

4. Brooking, I. R. 1996. Temperature response of vernalization in wheat: A Developmental Analysis. *Ann. of Bot.* 78:507-512.
5. Brule-Babel, A. L., & D. B. Fowler. 1988. Genetic control of cold hardiness and vernalization requirement in winter wheat. *Crop Sci.* 28:879-884.
6. Chouard, P. 1960. Vernalization and its relation to dormancy. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 11: 191-238.
7. Danyluk, J., A. Perron, M. Houde, A. E. Limin, D. B. Fowler, N. Benhamou, & F. Sarhan. 1998. Accumulation of an acidic dehydrin in the vicinity of the plasma membrane during cold acclimation of wheat. *The Plant Cell* 10:623-638.
8. Danyluk, J., A. , N.A. Kane, G. Breton, A.E. Limin, D. B. Fowler, & F. Sarhan. 2003. *TavRT-1* a putative transcription factor associated with vegetative reproductive transition in cereals. *Plant Physiol.* 112:1-11.
9. Davidson, J. L., K. R. Christian, D. B. Jones, & P. M. Bremner. 1985. Response of wheat to vernalization and photoperiod. *Aust. J. Agric. Res.* 36:347-359.
10. Flood, R. G., & G. M. Halloran. 1986. Genetic and physiology of vernalization response in wheat. *Adv. Agron.* 39:87-124.
11. Fowler, D. B., L. P. Chauvin, A. E. Limin, & F. Sarhan. 1996. The regulatory role of vernalization in the expression of low-temperature-induced genes in wheat and rye. *Theor. Appl. Genet.* 93:554-559.
12. Fowler, D.B., A. E. Limin, & J.T. Ritchie. 1999. Low-temperature tolerance in cereals: Model and genetic interpretation. *Crop Sci.* 39: 626-633.
13. Fowler, D. B., G. Breton, A.E.Limin, S.Mahfoozi, & F.Sarhan. 2001. Photoperiod and temperature interactions regulate low-temperature-induced gene expression in barley. *Plant Physiol.* 127:1676-1681.
14. Fowler, D. B. & A. E. Limin. 2003. Functional genetics of low-temperature stress. In: Proceedings of tenth international wheat genetics symposium, Vol 3, pp 949-951, 1-6, Sep 2003, Paestum, Italy. 949-959.
15. Galiba, G., S. A. Quarrie, J. Sutka, A. Morgounov, & J. W. Snape. 1995. RFLP mapping of the vernalization (*Vrn1*) and frost resistance (*Fr1*) genes on chromosome 5A of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 90:1174-1179.
16. Gott, M. B. 1975. Vernalization of green plants of winter wheat. *Nature* 180:714-715.
17. Hay, R. K. M., & E. J. M. Kirby. 1991. Convergence and synchrony-A review of the coordination of development in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 42:661-700.
18. Jedel, P. E., L. E. Evans, & R. Scarth. 1986. Vernalization response of a selected group of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 66:1-9.
19. Kirby, E. J. M., & M. Appleyard. 1987. Cereal development guide. 2nd edition. Arable Unit, National Agricultural Center, Stoneleigh, Kenilworth, England.
20. Kuspira J., J. Maclagan, and R.N. Bhambhani. 1986. Genetic and cytogenetic analysis of A genome of *Triticum monococcum*. II. The mode of inheritance of spring versus winter growth habit. *Can. J. Genet. Cytol.* 28:88-95.
21. Laurie, D. A., N. Pratchett, J. H. Bezant, & J. W. Snape. 1995. RFLP mapping of five major genes and eight quantitative trait loci controlling flowering time in a winter x spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cross. *Genome* 38: 575-585.
22. Law, C. N. & A. J. Worland. 1997. Genetic analysis of some flowering time and adaptive traits in wheat. *New Phytol.* 137:19-28.
23. Lbova M. I., & I. V. Cherniy. 1980. Monosomic analysis of some characters of mutant variety of spring wheat Novosibirskaya-67 and its initial form 2 determination of genes controlling the growth habit. *Genetika* 16:485-492.
24. Limin, A. E. & D. B. Fowler. 1988. Cold hardiness expression in interspecific hybrids and amphiploids of the Triticeae. *Genome* 30:361-365.
25. Limin, A.E., M.Gao, G. Selvaraj & D.B. Fowler. 2003. The phenotypically affected *Vrn-1* region of wheat: evidence of multiple copies of Arabidopsis autonomous flowering pathway orthologous and

- their effect on flowering. In: Proceedings of tenth international wheat genetics symposium, Vol 3, pp 983-985, 1-6, Sep 2003, Paestum, Italy.
26. McMaster, G.S. 1997. Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum* L.) shoot apex: A review. *Adv. in Agron.* 59:63-118.
 27. Mahfoozi, S., A.E.Limin., P.M.Tlayes., P.Hucl & D. B. Fowler. 2000. Influence of photoperiod response in the expression of cold hardiness in wheat and barley . *Can.J. Plant Sci* 80: 721-724.
 28. Mahfoozi S., A.E.Limin & D.B.Fowler. 2001 .Influence of vernalization and photoperiod responses on cold hardiness in winter cereals. *Crop Sci.* 41:1006-1011.
 29. Mahfoozi S., Limin, A. E., Ahakpaz, F., Roustaii, M., Ketata, H., & Fowler, D. B. 2005. Regulation of low-temperature toleranci in barley under field conditions in north-west Iran. *Can. J. Plant Sci.* 85:587-592.
 30. Mahfoozi, S., H. R. Sharifi, A. Zare- Faizabadi, S. A. Beheshti, S. M. Nazeri , & M. Ghodsi. 2005. The effect of early spring freezing stress on seed & Plant research department of agricultural and resource research center of Khorasan province.
 31. Mahfoozi S., A. E. Limin, F. Ahakpaz & 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.*
 32. Prasil IT, Prasilova P, & Pankova K. 2004. Relationships among vernalization, shoot apex development and frost tolerance in wheat. *Ann. Bot.* 94:413-418.
 33. Rawson, H. M., M. Zajac, & L. D. J. Penrose. 1998. Effect of seedling temperature and its duration on development of wheat cultivars differing in vernalization response. *Field Crops Res.* 57:289-300.
 34. Sarhan, F., F. Ouellet, & A. Vazquez-Tello. 1997 .The wheat *Wcs120* family. A useful model to understand the molecular genetics of freezing tolerance in cereals. *Physiol. Plant.* 101:439-445.
 35. SAS Inst. Inc. 1989. SAS/STAT User's Guide, Ver.6., 4th Edition, Vol 1. Cary, NC.
 36. Shindo C., & T. Sasakuma.2002. Genes responding to vernalization in hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 104: 1003.1010.
 37. Stelmakh A. F. 1993. Genetic effects of *Vrn* genes on heading date and agronomic traits in bread wheat. *Euphytica.* 65: 53-60.
 38. Sutka, J., & J. W. Snape. 1989 .Location of a gene for frost resistance on chromosome 5A of wheat. *Euphytica.* 42:41-44.
 39. Takahashi, R., & S. Yasuda. 1970. Genetics of earliness and growth habit in barley. p.388-408. In: Nilan R.A. (ed.), *Barley genetics II* . Proc. 2nd Int. Barley Genet. Symp. Washington State University Press.
 40. Wang, S-Y., R. W. Ward, J. T. Ritchie, R. A. Fischer, & 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