مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۸۷ (۱۲۶-۱۱۳)

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:۸۵/۲/٤- تاریخ تصویب:۸۶/۷/۱۸)

چکیده

بهاره سازی از فرایند های 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 وارقام آذر۲ 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[٤] در سال های۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ حدود ۸ هفته پس از کاشت به تکمیل بهاره سازی رسید ولی ارقام دیکتو[٥] و ریحانه۰۳[٦] نیاز به بهاره سازی نداشتند. در کرج دوره بهاره سازی ارقام نورستار و آذر ۲ طولانی تر و به ترتیب حدود ١٤ و ۹ هفته بود. در سال ۱۳۸۵ نیاز بهاره سازی ارقام نورستار۰ شهریار و الوند در مزرعه به ترتیب حدود ۱۵، ٦ و ٤ هفته بود. در شرایط کنترل شده، نیاز بهاره سازی ارقام آذر۰۲ شهریار و سرداری ۲۸ روز ولی کوهدشت، کویر و زاگرس نیاز به بهاره سازی نداشتند. جو پاییزه دوبرینیا و کولد[۷] پس از ٤ تا ۵ هفته به تکمیل بهاره سازی رسیدند ولی دیکتو و ریحانه۰۳ نیاز به بهاره سازی نداشتند. حداکثر مقاومت رقم نورستار در هر دو شرایط کنترل شده و مزرعه در **۲۱°C** – و در رقم آذر۲ به **°C** ۱۰- 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

---

* نویسنده مسئول: سیروس محفوظی
E-mail: Siroosmahfoozi@yahoo.com

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

مقدمه

حدود۶۶٪ 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 ۱۳۸۴-۱۳۸۳ در استان خراسان نزدیک به ۷٪ کل تولید گندم بر اثر تنش سرمای اواخر زمستان و اویل بهار از بین رفت (۳۰). آمار بلند مدت نشان می دهد که کاهش ناگهانی دمای هوا بویژه دراواخر فصل زمستان و یا اویل بهار باعث خسارت به زراعت گندم و جو در اکثر مناطق سرد و حتی سرد معتدل کشور می‌شود (۲). توانائی 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 می‌تواند 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 می‌شود. 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[1] 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 هومیواللیک[2] (*Vrn1*)*Vrn-A1*، *Vrn-B1*(*Vrn4*) و *Vrn-D1* (*Vrn3*) روی کروموزم 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 *vrn* تعیین میشود (۲۳). ترکیب اللهای مغلوب *vrn* تیپ پاییزه را بوجود می‌آورد 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 *vrn1* گندم در کروموزم گروه ۵ هومیواللیک 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 می‌نماید (۸، ۲۸، ۲۹). گندم وجو بهاره بعد از مدت کوتاهی وارد مرحله زایشی شده و در صورتی که در معرض دمای انجماد 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"[3] در راه اندازی بیان دیگر ژنهای ساختمانی[4] مقاومت به سرما نظیر ژنهای اختصاصی القا شده بر اثر سرما[5] (Wcs120) نقش دارند (۱۱، ۳۴).

برای تعیین مراحل بیولوژیکی و فنولوژیکی غلات از روش های اندازه گیری واحد حرارتی[6] ، تعداد روز[7] 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 می‌دهد. 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 برروی 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

1. Minimum Leaf Number
2. Homoeoallelic
3. Master Switch
4. Structural Genes
5. Wheat Cold Specific
6. Thermal Unit
7. Calender Day

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 روش‌ها

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، آذر۲ 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)/۲) 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 از سطح دریا، ارقام گندم نورستار، آذر۲ و زاگرس در قالب یک آزمایش در شرایط مزرعه در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴بررسی 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، آذر۲، سرداری و ارقام بهاره کوهدشت و زاگرس درداخل 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°C ۲۰ 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 °C ۲۰ 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 °C ۲۰ 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 °C ۲۰ 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

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 زراعی۸۵-۱۳۸۴، ارقام نورستار، آذر۲ 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 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 درگلدان های ۱۵ سانتی متری کشت و پس از سبز شدن تعداد ۲ بوته در هر گلدان برای هر کدام از دوره‌های 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 نسبت۱: 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، ریحانه۰۳ 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 و

ارتباط آن با طول دوره بهاره سازی در دو شرایط کنترل شده و مزرعه در قالب دو آزمایش جداگانه بررسی شدند. روش LT50، سری دماهای انجماد است که در آن ۵۰٪ بوته ها بر اثر آن دما از بین می روند. در شرایط کنترل شده، رقم نورستار در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در ۳ تکرار کشت شد. دوره های سازگاری به سرما[1] و تعیین میزان مقاومت (LT50) به ترتیب ۰، ۷، ۱۴،۲۱، ۲۸، ۳۵، ۴۲، ۵۶ و ۹۸ روز در ۴ درجه سانتی گراد بود. برای تعیین LT50، از هر تکرار برای ۵ دمای انجماد انتخابی، تعداد ۲۵ بوته از محیط کنترل شده (دمای ۴ درجه سانتی گراد) جمع‌آوری و با قیچی قسمت های 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، نمونه ها (طوقه گیاهان) در داخل ظروف آلومینیمی حاوی ماسه مرطوب در دمای ۳- درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شد و روز بعد دمای فریزر قابل برنامه ریزی با رایانه به ازای هر یک ساعت ۲ درجه سانتی گراد کاهش یافت. هر بار که فریزر به دمای انجماد مورد نظررسید نمونه ها از فریزر خارج و در دمای ۴ درجه سانتی گراد در طول شب نگهداری شد و روز بعد در گلخانه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد کشت و پس از سه هفته درصد بوته های مرده و زنده ثبت و میزان LT50 تعیین شد. برای تعیین نیاز بهاره سازی، ۱۰ دوره تیمار بهاره سازی به ترتیب ۰، ۷، ۱۴، ۲۸، ۳۵، ۴۲، ۴۹، ۶۳ و ۹۸ روز در ۴ درجه سانتی گراد اعمال و در انتهای هر دوره بهاره سازی، گلدان های حاوی گیاهان به دمای ۲۰ درجه سانتی گراد با طول روشنایی ۱۶ ساعت در روز و با شدت ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند.

برای تعیین LT50 در شرایط مزرعه در کرج، دو رقم نورستار و آذر۲ در قالب طرح بلوک های 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 تاریخ های ۲۱ آبان ماه، ۱۴ و ۲۸ آذر ماه، ۳ بهمن 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 تجزیه های 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 میانگین ها استفاده شد (۳۵).

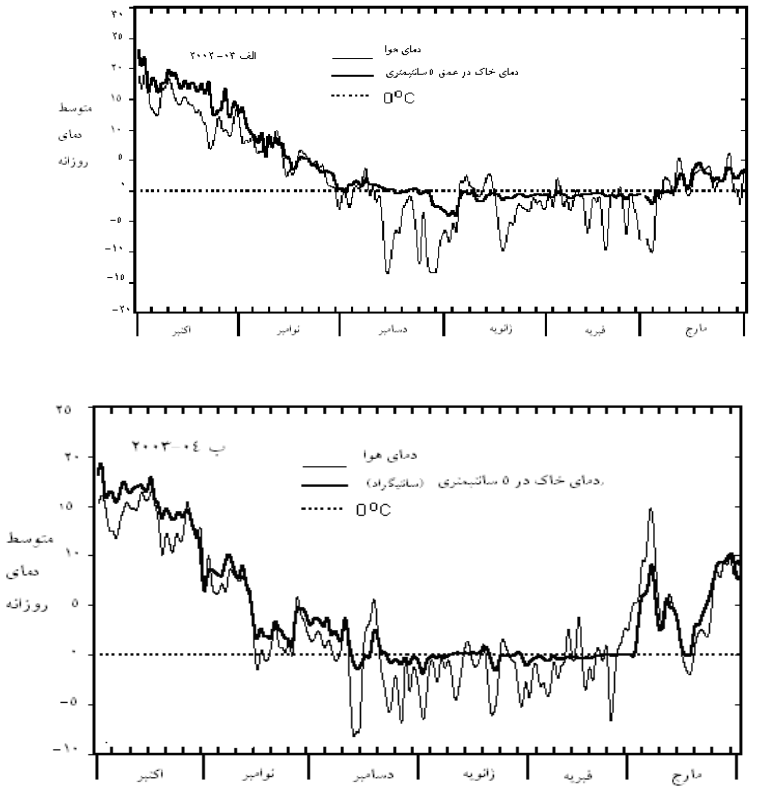
نتایج

الف- آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره سازی 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 بوته ها، سازگاری به سرما و نیز روند بهاره سازی مناسب بوده است (شکل شماره ۱). برای صفت FLN در کلیه آزمایش های مزرعه ای، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ در بین ارقام از نظر نیاز بهاره سازی وجود داشت. اثر متقابل رقم با دوره های تیمار بهاره سازی نیز معنی دار بود (جداول نشان داده نشده اند). همان طوری که در شکل های شماره ۲ الف و ب مشاهده می شود با کاهش دمای هوا، ارقام زمستانه شروع به کاهش شدید FLN نمودند. تعداد برگها با افزایش دوره بهاره سازی 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 بهاره سازی در این رقم بود (شکل ۲ الف).

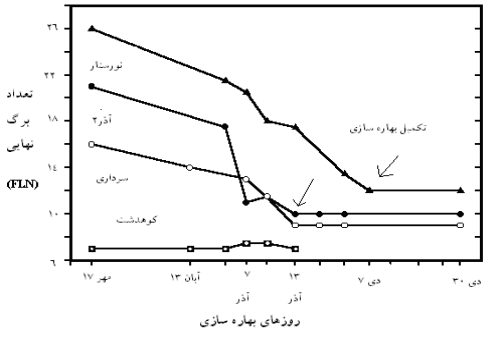
ارقام گندم آذر۲ و سرداری حدود ۸ هفته پس از کاشت (۱۳ تا ۲۰ آذر ماه) نیاز بهاره سازی را تکمیل نمود. رقم بهاره کوهدشت نیاز به بهاره سازی نداشت زیرا FLN در این رقم در طول دوره های تیمار بهاره سازی بین ۸ و ۹ بود و ثابت ماند (شکل ۲- الف). در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲، با روند مشابهی رقم نورستار حدود ۱۲ هفته پس از کاشت

1. Cold Acclimation

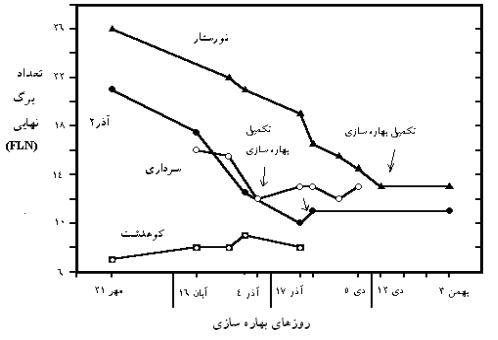
(بین ۵ تا ۱۲ دی ماه) و ارقام آذر۲ و سرداری به ترتیب حدود ۸ و ۷ هفته پس از کاشت (۱۷ و ۱۰ آذر ماه) نیاز بهاره سازی را تکمیل نمودند ولی رقم بهاره کوهدشت نیاز به بهاره سازی نداشت (شکل ۲-ب).



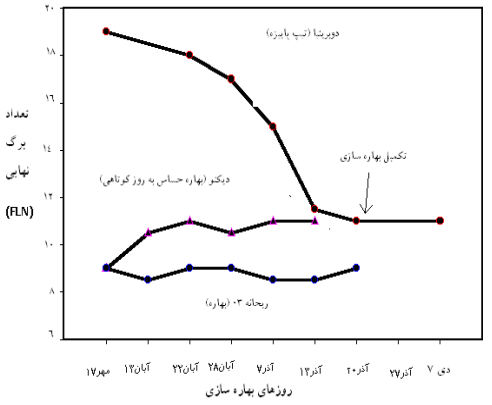
شکل ۱- میانگین ((حداکثر + حداقل)/۲) دمای روزانه هوا و میانگین دمای روزانه خاک در عمق ۵ سانتی متری در ایستگاه مراغه در سال های زراعی ۸۲-۱۳۸۱و ۱۳۸۳-۱۳۸۲



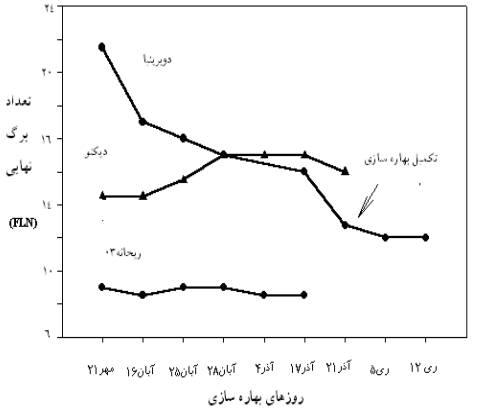
شکل ۲ الف - FLN ارقام زمستانه گندم نورستار، سرداری و آذر۲ و رقم بهاره کوهدشت در شرایط مزرعه سال زراعی ۸۲-۱۳۸۱ (SE=۰/۰۶۴)



شکل ۲ ب – FLN ارقام گندم زمستانه نورستار و آذر۲ و رقم بهاره کوهدشت در شرایط مزرعه سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ (SE=۰/۰۵۰)

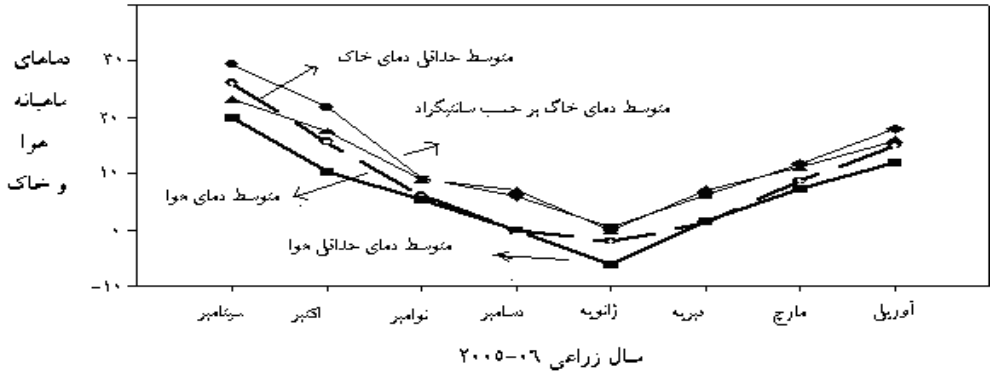


شکل ۳- الف- FLN جو رقم زمستانه دوبرینیا و ارقام بهاره ریحانه۰۳ و دیکتو که در شرایط مزرعه سال ۸۲-۱۳۸۱ بهاره سازی و به ۱۶ ساعت طول روشنایی در ^{o}C ۲۰ منتقل شده اند (SE=۰/۶).

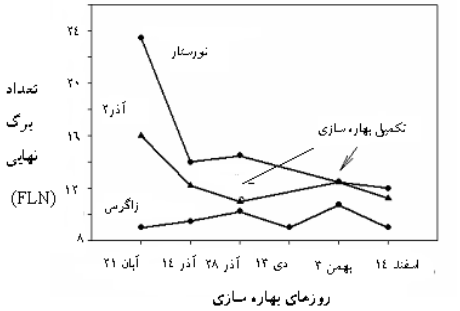


شکل۳-ب- FLN جو رقم زمستانه دوبرینیا و ارقام بهاره ریحانه۰۳ و دیکتو که در شرایط مزرعه سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ بهاره سازی و به ۱۲ ساعت طول روشنایی در ^{o}C ۲۰منتقل شده اند (SE=۰/۴۰)..

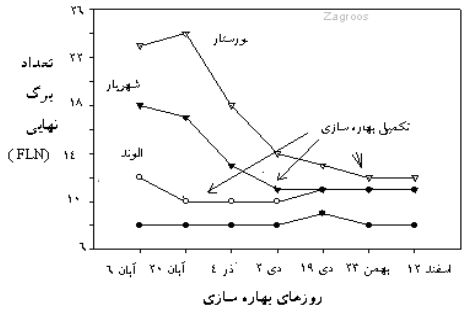
ب- نتایج آزمایشات تعیین دوره نیاز بهاره سازی در ارقام جو در شرایط فضای باز در مراغه: نتایج آزمایشات جو در شکل های ۳ (الف و ب) نشان می دهند رقم دوبرینیا جزو ارقام دارای دوره بهاره سازی طولانی بوده.و در شرایط آب و هوایی سال زراعی ۸۲ -۱۳۸۱ در ایستگاه مراغه، محدوده تکمیل بهاره سازی آن حدود ۸ هفته پس از کاشت (بین ۱۳ تا ۲۰ آذر ماه) قرار داشت. در سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲ زمان تکمیل بهاره سازی ۸ هفته پس از کاشت در حدود ۲۱ آذر ماه بود (شکل ۳ ب). این رقم با قرار گرفتن در تیمار بهاره سازی، FLN را در هفته های اول بهاره سازی بطور محسوسی کاهش داد اما به تدریج روند کاهش کمتر شد. در مقابل ارقام بهاره ریحانه ۰۳ و دیکتو نیاز به بهاره سازی نداشتند (شکل ۳ الف و ب). رقم دیکتو بسیار حساس به طول روز است (۲۸) و احتمالا بدلیل حساسیت به کوتاهی طول روز تمایل در افزایش FLN نشان داده است.



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

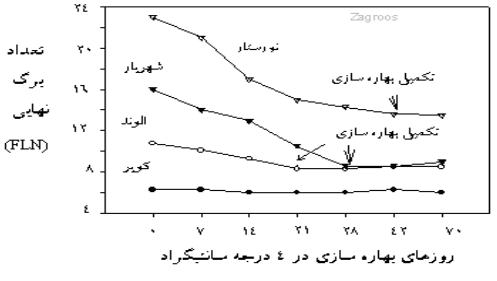


شکل ۵-الف- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، آذر۲ و رقم بهاره زاگرس تحت تیمار بهاره سازی در شرایط مزرعه در کرج در پاییز و زمستان سال ۱۳۸۴ بهاره سازی و به ۱۶ ساعت طول روشنایی در ^{o}C ۲۰ منتقل شده اند (SE=۰،۵۳)

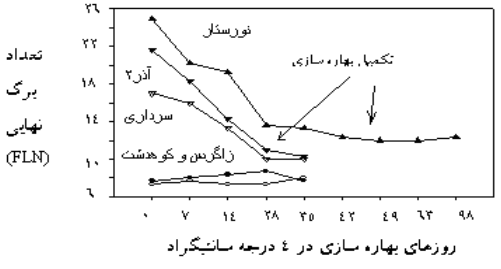


شکل ۵-ب- .تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، الوند و شهریار ورقم بهاره کویر تحت تیمار بهاره سازی در شرایط مزرعه در کرج در پاییز و زمستان سال ۱۳۸۵ بهاره سازی و به ۱۶ ساعت طول روشنایی در ^{o}C ۲۰ منتقل شده اند. (SE=۰،۳۲)

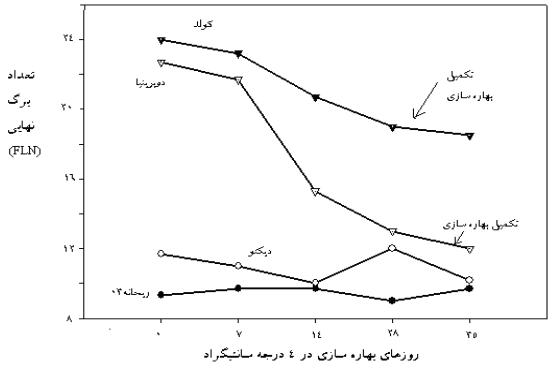
پ- نتایج آزمایشات تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام گندم در شرایط مزرعه در کرج: در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ میانگین دمای روزانه هوا و عمق خاک در ۵ سانتی متری و نیز متوسط دماهای حداقل هوا و خاک بیانگر شرایط مناسب برای سازگاری به سرما بود (شکل ۴). در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴، رقم گندم نورستار FLN خود را از حدود ۲۴ برگ در ۲۱ آبان ماه به ۱۲ برگ بعد از حدود ۱۴ هفته پس از کاشت (۳ بهمن ماه) رسانده و از آن به بعد کاهشی در FLN صورت نگرفت (شکل ۵ الف). رقم آذر۲، 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 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 (شکل۵ -ب).



شکل۷ – تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، الوند و شهریار ورقم بهاره کویر تحت تیمار بهاره سازی در شرایط کنترل شده در دمای $۴^{o}C$ و طول روشنایی ۱۶ ساعت قرار گرفت و به اتاقک رشد با دمای ^{o}C ۲۰ و با ۱۶ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند (SE=۰/۷۵).



شکل ۶-تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام گندم زمستانه نورستار، اذر۲ وسرداری و ارقام بهاره زاگرس و کوهدشت تحت تیمار بهاره سازی در شرایط کنترل شده در دمای $۴^{o}C$ و طول روشنایی ۱۲ ساعت قرار گرفتند و به اتاقک رشد با دمای ^{o}C ۲۰ و با ۱۶ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند (SE=۰/۴۰)



شکل ۸- تعداد برگ نهایی (FLN) ارقام جو بهاره دیکتو و ریحانه۰۳، و ارقام زمستانه کولد و دوبرینیا که در طول روشنایی ۱۲ ساعت تحت تیمار بهاره سازی در شرایط کنترل شده در دمای $4^{o}C$ قرار گرفته و به اتاقک رشد با دمای $20^{o}C$ با ۱۶ ساعت روشنایی و شدت نور ۳۵۰ میکرو مول بر متر مربع در ثانیه منتقل شدند (SE=۰/۴۷).

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 (جداول تجزیه واریانس نشان داده نشده اند). درکلیه 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 کاهشی در FLN صورت نگرفت (شکل ۶). رقم آذر۲ 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 کاهشی 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.

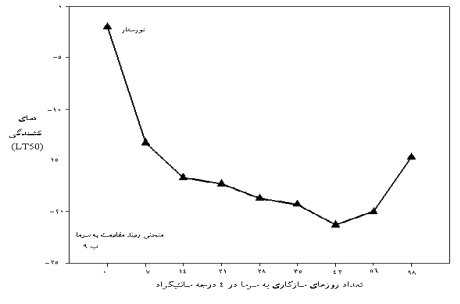
ث- نتایج آزمایش تعیین نیاز بهاره سازی در ارقام جو در شرایط کنترل شده: ارقام زمستانه جو دوبرینیا و کولد دارای نیاز بهاره سازی طولانی بوده و با قرار گرفتن در دمای $4^{o}C$، بین ۴ تا ۵ هفته (۲۸ تا ۳۵ روز) به نقطه تکمیل بهاره سازی رسیدند. ارقام دیکتو و ریحانه ۰۳ نیاز به بهاره سازی نداشتند و به همین دلیل کاهشی در 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 کاهشی 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 $-10^{o}C$ بود.

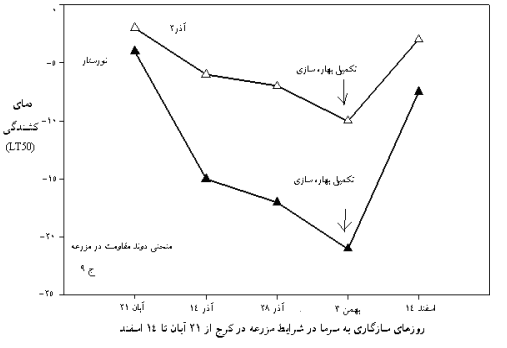
بحث

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

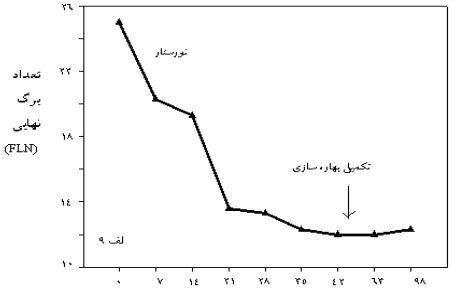
های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ بیان گر آن است که تغییرات دمای هوا از ۱۵+ تا ۱۵- و دمای خاک در عمق ۵ سانتی متری از صفر تا ۴- درجه سانتی گراد متغیر بوده و حدوث چنین شرایط دمایی در مناطق سرد و کوهستانی شمال غرب کشور متداول می باشد. در این تحقیق، ارقام عکس العمل متفاوتی به شرایط بهاره سازی نشان دادند. رقم نورستار به دلیل 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 می رفت 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 آذر۲ و سرداری از نظر طول دوره بهاره سازی دارای نیاز متوسطی هستند. به نظر می‌رسد طول دوره بهاره سازی در ارقام به قا بلیت 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 می شود 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 می دارد. 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 می شوند (۳۱).



ب)



ج)



الف)

شکل۹ - 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،۶) 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 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 شده اند. علاوه بر آن، شواهد علمی متعددی در سطح ملکولی نیز بیان گر آن هستند که بیان ژنهای ساختمانی مقاومت به سرما با آغاز مرحله زایشی به شدت کاهش می یابند (۱۴، ۲۷).

نتایج آزمایشات جو نیز در شرایط مزرعه بیان گر آن بود رقم پاییزه دوبرینیا که منشا آن از کشور روسیه است دارای نیاز طولانی به بهاره سازی بوده و دراواخر آذر ماه نیاز بهاره سازی را تکمیل کرده است. این نتیجه با یافته های محفوظی و همکاران (۲۰۰۱) بر روی رقم پاییزه کولد که در شرایط کنترل شده (دمای ^{o}C ۴ و در ۲۰ ساعت طول روشنایی) صورت گرفته هم خوانی دارد. طبق گزارشات منتشر شده، حداکثر مقاومت به سرمای ارقام زمستانه جو در ایستگاه مراغه دراواخر آذر ماه بدست آمده است (۲۹). رقم ریحانه۰۳ از ارقام تیپ بهاره متداول در مناطق معتدل و گرم کشور است و در این تحقیق نیز به دلیل عدم کاهش FLN نیاز به بهاره سازی نداشت. رقم دیکتو بسیار حساس به طول روز است و در شرایط طول روز کوتاه، دوره رویشی آن افزایش می یابد ولی با کشت در شرایط طول روز بلند بعد از مدت بسیار کوتاهی وارد مرحله زایشی می شود (۲۷). در تحقیق حاضر نیز مشاهده می شود 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، بیان گر آن هستند که افزایش دوره رویشی باعث افزایش مدت زمان بیان پروتئین های اختصاصی مقاومت به سرما از خانواده WCS120 می شود (۱۳، ۲۷). تحقیقات انجام شده توسط برخی از محققین نیز بیان گر آن است که پس از تکمیل بهاره سازی ارقام جو، برجستگی های دوگانه[1] که نشان قابل مشاهده انتقال از مرحله رویشی به زایشی است پدیدار می شود و در نتیجه گیاه وارد مرحله زایشی شده و مقاومت آن به تنش سرما کاهش می یابد (۱۷، ۲۰، ۲۶، ۲۷، ۲۹).

1. Double Ridge

نتایج تعیین نیاز بهاره سازی ارقام نورستار، آذر۲ و زاگرس در شرایط مزرعه در کرج، اگر چه روند مشابه با نتایج ایستگاه مراغه را نشان می دهند اما تفاوتی از نظر طولانی بودن دوره بهاره سازی در رقم نورستار در منطقه معتدل کرج در مقایسه با ایستگاه مراغه مشاهده می شود. به طوری که در کرج، تکمیل بهاره سازی رقم نورستار اوایل بهمن ماه بوده که احتمالا متاثر 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 بهاره سازی، زمان تکمیل بهاره سازی با افزایش دمای بهاره سازی در برخی ارقام طولانی‌تر می‌شود (۴، ۳۳، ۴۰). 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. رقم الوند در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ در منطقه خراسان دچار آسیب جدی از سرما شد (۲، ۳۰).

اکثرمطالعات مرتبط با تعیین نیاز بهاره سازی، 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 می دهد. نتایج تحقیق حاضر بیان گر مطابقت نتایج شرایط کنترل شده با شرایط مزرعه ای با روش FLN است. اگر چه بسیاری از محققین از روش تعداد روز تا زمان گل دهی، برا ی تعیین نیاز بهاره سازی استفاده کرده اند (۹، ۱۶، ۲۰، ۳۶، ۳۷). ولی همان طوری که قبلا هی و کربی (۱۷) و نیز ونگ و همکاران (۴۰) اظهار داشته اند به دلیل آن که روش FLN رابطه بین تکمیل بهاره سازی با تغییرات نموی در مریستم انتهایی را به خوبی انعکاس می دهد از مناسب ترین روش ها برای تعیین نیازبهاره سازی در مطالعات بیولوژیکی است. در این تحقیق در هر دوشرایط کنترل شده و مزرعه (در هر دو ایستگاه کرج و مراغه) رابطه مهمی بین تکمیل بهاره سازی و بیان مقاومت به سرما در سطح فنوتیپی مشاهده شد. در هر دو رقم آذر ۲ و نورستار حداکثر مقاومت در زمان تکمیل بهاره سازی بدست آمد که نقطه عطفی در بیان مقاومت است و بعد از آن میزان مقاومت بسیار کاهش یافته است. نکته قابل

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= -۲۲ °C) برسد. دردیگر گزارشات نیز میزان LT50 رقم نورستار در شرایط کنترل شده حدود ۲۲- °C ذکر شده است (۱۱، ۱۲، ۲۸). هر چند درتحقیقاتی که قبلا در شرایط مزرعه در منطقه سرد انجام شده، میزان LT50 رقم نورستار برابر ۲۶- °C گزارش شده (۳۱) ولی همان طوری که انتظار می رود این روند احتمالا متاثر از وجود شرایط بسیار مناسب آب و هوایی برای سازگاری رقم در منطقه سرد بوده است. نتیجه تحقیق حاضر نیز صرفنظر از سطح بیان[1] 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 *Fr1* روی کروموزمهای گروه ۵ پیوستگی نزدیک دارند (۱۵). عده‌ای نیز عقیده دارند که ژنهای بهاره سازی بصورت چند اثری[2] بر روی تیپ رشد و بیان ژنهای مقاومت به سرما دخالت دارند (۵، ۱۱، ۳۸). مطالعات بر روی ناحیه‌ای در روی کروموزومهای گروه ۵ گندم نان به ویژه بر روی بازوی بلندکروموزوم 5A نشان می دهد که ناحیه *Vrn-A* در تعیین دوره نیاز بهاره سازی، کنترل زمان گلدهی و بالاخره بربیان 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 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 [3] بیان مقاومت رقم و طول دوره[4] 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 آذر۲ (LT50 = -۱۰°C) پس از تکمیل بهاره سازی کاهش یافته و در رقم نورستار نیز، حداکثر میزا ن LT50 برابر ۲۱- °C 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 ببان 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 می‌شود 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.

1. Level of expression
2. Pleiotropic
3 . Level
4. Duration

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 groth 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 Novosibirkaya-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 Arabidposis 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