Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

Evaluation of different bread wheat cultivars in some physiological characteristics, thermal requirement and crop yield in the Kermanshah region

Negin Rezaei [1], Mohsen Saeidi [1,2] ✉, Shahryar Sasani [3], Saeid Jalali-Honarmand [1,2] & Mohammad-Eghbal Ghobadi [1,2]

[1] Department of Plant Production and Genetics, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

[2] Cereal Research Center, Razi University, Kermanshah, Iran.

[3] Crops and Horticultural Sciences Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.

✉ Corresponding author. E-mail: msaeidi@razi.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: The rapid increase in the world population and the need to increase agricultural production, and on the other hand, the rapid change of climate conditions, are the significant challenges facing the world in the coming years. Wheat, the most important plant in the cereal family, plays a vital role in the world's food security now and in the future. Therefore, producing new cultivars with high yields and carefully selecting cultivars suitable for cultivation in different climatic zones are important future research priorities.

Materials and methods: This study investigated the reaction of different bread wheat cultivars regarding yield and its components. It also aimed to study the growing degree days (GDD) and some physiological traits related to cold tolerance in different bread wheat cultivars. This study was conducted as two independent experiments during the 2013-14 cropping year at the research field, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. The first experiment was a randomized complete block design with three replications. Treatments included 12 bread wheat cultivars (Norstar, Zarin, Kavir, Baz, Sivand, Alvand, Pishgam, Pishtaz, Orum, Shahryar, Bahar, and Parsi). The second experiment was a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications. In this experiment, 12 bread wheat cultivars were evaluated as the first factor and sampling times as the second factor in three levels: early January, early February, early March.

Results: The results of this study showed that Sivand and Parsi spring cultivars with the highest plant growth rate in different stages of development, with 5170 and 5100 kg/ha, respectively, and Norstar winter cultivar with the lowest plant growth rate in various stages of development, with 2230 kg/ha, had the lowest value of grain yield. The correlation between grain yield, growing degree days requirement to flowering, and physiological maturity were negatively significant. Cultivars with lower grain yield had higher growing degree day's requirements. Examination of the growing degree days requirement of cultivars up to the flowering stage showed that, on average, spring cultivars had lower growing degree day requirements than winter cultivars. The accumulation of soluble sugars in the crown of winter and intermediate cultivars during winter was higher than spring cultivars. The accumulation of soluble sugars in the wheat crown was downward during the winter, so at the beginning of winter, the crown had a higher sugar content than in the middle and late winter. Winter and intermediate cultivars, on average, had higher leaf greenness and maximum photochemical efficiency of photosystem II than spring cultivars.

Conclusion: According to the results obtained in the study area, on average, winter and intermediate cultivars were superior to spring cultivars in terms of physiological traits related to cold tolerance. But, due to the obtained seed yield. However, according to the grain yield obtained in this study, spring cultivars are more recommended among cultivated cultivars than the other two growth types in Kermanshah and similar climate zones.

Keywords: Growing Degree days, Cold, Crown, Maximum Efficiency of Photosystem II, Soluble sugars.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 19 Dec 2023, **Revised:** 26 Jan 2023, **Accepted:** 27 Feb 2023, **Published online:** 28 Mar 2023

Cite this article: Rezaei, N., Saeidi, M., Sasani, S., Jalali-Honarmand, S. & Ghobadi, M. E. (2023). Evaluation of different bread wheat cultivars in some physiological characteristics, thermal requirement and crop yield in the Kermanshah region. Cereal Biotechnology and Biochemistry, 2 (1), 74-93. DOI: 10.22126/cbb.2023.8590.1027

© The Author(s).

10.22126/cbb.2023.8590.1027

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

ارزیابی رقم‌های مختلف گندم نان از نظر برخی خصوصیات فیزیولوژیک، نیاز حرارتی و عملکرد محصول در منطقه کرمانشاه

نگین رضایی[۱]، محسن سعیدی[۱ و ۲]✉، شهریار ساسانی[۳]، سعید جلالی‌هنرمند[۱ و ۲] و محمداقبال قبادی[۱ و ۲]

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه ایران.
[۲] مرکز تحقیقات غلات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
[۳] بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
✉نویسنده مسئول. رایانامه: msaeidi@razi.ac.ir

چکیده

مقدمه: افزایش سریع جمعیت جهان و نیاز به افزایش تولیدات کشاورزی و از سویی دیگر تغییرات سریع شرایط آب و هوایی از چالش‌های مهم پیش‌رو جهان در سال‌های آتی می‌باشد. گندم به عنوان مهم‌ترین گیاه خانواده غلات، نقش بسیار مهمی در امنیت غذایی جهان در حال حاضر و آینده دارد. بنابراین تولید رقم‌های جدید و پرتولید گندم و انتخاب دقیق رقم‌های مناسب جهت کشت در مناطق مختلف آب و هوایی، از اولویت‌های تحقیقاتی آینده می‌باشند.

مواد و روش‌ها: این تحقیق با هدف بررسی نحوه واکنش رقم‌های مختلف گندم نان از نظر عملکرد و اجزای آن و همچنین مطالعه نیاز حرارتی و برخی از صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به سرما در ارقام مختلف گندم نان انجام شد. این تحقیق به صورت دو آزمایش مستقل در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید. آزمایش اول به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با هدف بررسی عملکرد و اجزاء آن در سه تکرار روی ۱۲ رقم گندم نان از تیپ‌های مختلف رشدی شامل نورستار، زرین، کویر، باز، سیوند، الوند، پیشگام، پیشتاز، اروم، شهریار، بهار و پارسی اجرا شد. آزمایش دوم به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به منظور مطالعه مقاومت به سرما رقم‌های مختلف گندم در سه تکرار انجام شد. در این آزمایش ۱۲ رقم گندم نان به عنوان فاکتور اول و زمان نمونه‌برداری به عنوان دومین فاکتور در سه سطح (اواخر دی‌ماه، اواخر بهمن‌ماه و اواخر اسفندماه مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام بهاره سیوند و پارسی، با بالاترین سرعت رشد گیاه در مراحل مختلف نمو، به ترتیب با ۵۱۷۰ و ۵۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین و رقم زمستانه نورستار با کم‌ترین سرعت رشد گیاه در مراحل مختلف نمو، با ۲۲۳۰ کیلوگرم در هکتار، کم‌ترین مقدار عملکرد دانه را داشتند. همبستگی بین عملکرد دانه با نیاز حرارتی تا گلدهی ($R=-0.86$) و رسیدگی فیزیولوژیک ($R=-0.87$)، به صورت منفی و معنی‌دار بود. بنابراین ارقام دارای عملکرد دانه کم‌تر، دارای نیاز حرارتی بیش‌تری بودند و بررسی نیاز حرارتی ارقام مورد بررسی تا مرحله گلدهی نشان داد که ارقام بهاره به طور متوسط نیاز حرارتی کم‌تری نسبت به ارقام زمستانه دارند. تجمع قندهای محلول در طوقه ارقام زمستانه و بینابین در طول فصل زمستان نسبت به ارقام بهاره بیش‌تر بود. روند تجمع قندهای محلول در طوقه بوته‌های گندم در طول فصل زمستان به صورت نزولی بود، به طوری‌که در ابتدای زمستان، طوقه دارای محتوای قند بیش‌تری نسبت به اواسط و اواخر زمستان بود. ارقام زمستانه و بینابین به طور متوسط دارای سبزینگی برگ و حداکثر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II بیش‌تری نسبت به ارقام بهاره بودند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده در منطقه مورد مطالعه، به طور میانگین رقم‌های زمستانه و بینابین نسبت به رقم‌های بهاره از نظر صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل سرما برتر بودند. اما با توجه به عملکرد دانه به دست آمده در این تحقیق، در کرمانشاه و مناطق آب و هوایی مشابه بین رقم‌های کشت شده، احتمالاً کشت رقم‌های بهاره نسبت به دو تیپ رشدی دیگر بیش‌تر قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، سرما، قندهای محلول، طوقه، نیاز حرارتی

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۸ **اصلاح:** ۱۴۰۱/۱۱/۰۶ **پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۲/۰۸، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۲/۰۱/۰۸

استناد: رضایی، ن.، سعیدی، م.، ساسانی، ش.، جلالی‌هنرمند، س. و قبادی، م. ا. (۱۴۰۲). ارزیابی رقم‌های مختلف گندم نان از نظر برخی خصوصیات فیزیولوژیک، نیاز حرارتی و عملکرد محصول در منطقه کرمانشاه. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات، ۲ (۱)، ۷۴-۹۳. DOI: 10.22126/cbb.2023.8590.1027

ناشر: دانشگاه رازی
© نویسندگان.
CC BY NC

مقدمه

گندم (*Triticum aestium* L.) همراه با برنج و ذرت، در بین سایر گیاهان خانواده غلات، بیش‌ترین مصرف را در رژیم غذایی انسان‌ها دارند و به عنوان مهم‌ترین منابع غذایی در جهان محسوب می‌شوند. به دلیل تطابق زیاد با شرایط آب و هوایی مختلف، دامنه پراکندگی آن بیش از هرگونه گیاهی دیگر است (Hossain *et al*., 2021). گزارش‌ها نشان می‌دهد که میزان خسارت اقتصادی تنش سرما (صفر تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد) و یخبندان (دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد) به محصولات کشاورزی از جمله گندم، به مراتب بیش‌تر از خسارت‌های سایر پدیده‌های مخرب جوی و حتی گاهی بیشتر از خسارت آفات و بیماری‌ها است (Cheong *et al*., 2022).

در مناطق معتدله دنیا و از جمله ایران، گیاهان زراعی سرمادوست نظیر گندم، معمولاً در پاییز کشت می‌شوند. این گیاهان در پاییز سبز شده و بخشی از رشد رویشی خود را که معمولاً تا مرحله گیاهچه‌ای است (مرحله‌ی ۴ تا ۶ برگی)، قبل از وقوع زمستان انجام می‌دهند. سپس زمستان را به صورت خواب پشت سرگذاشته و در ابتدای بهار، رشد دوباره خود را از سر می‌گیرند و در نهایت در اواخر بهار و پیش از وقوع درجه حرارت‌های بالا و خشکی رایج در تابستان این مناطق، رشد خود را به پایان می‌رسانند. تولید و عملکرد گیاهان پاییزه، غالباً بیش‌تر از گیاهان بهاره است و از ثبات عملکرد بیش‌تری برخوردارند (Koppensteinera *et al*., 2022). دماهای پایین زمستان از عوامل محدودکننده آب و هوایی در مناطق معتدله می‌باشد. در نتیجه وقوع سرمای شدید در برخی سال‌ها، رشد و نمو گیاهان زراعی زمستانه نظیر گندم تحت تأثیر قرارگرفته و عملکرد آن به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد (Ahmed & Farooq, 2013). مقاومت به سرما در گندم، یکی از مهم‌ترین عواملی است که سبب بقاء در زمستان می‌شود و درجه‌ی مقاومت به سرما نیز به شرایط مورفوفیزیولوژیک گیاهان بستگی دارد (Askary Kelestanie *et al*., 2016). وجود دوره‌های سرمایی ملایم در طول زمستان، برای حفظ مقاومت گیاه به سرما ضروری است. افزایش درجه حرارت در فصل زمستان تا بیش از ده درجه سانتی‌گراد، باعث کاهش مقاومت در برابر سرما می‌شود. از سوی دیگر اگر گیاه دوباره در معرض درجه حرارت‌های پایین قرار بگیرد، توانایی مقاومت در برابر یخزدگی را باز می‌یابد. با این وجود، با افزایش درجه حرارت در اواخر فصل زمستان، گیاه مقاومت زمستانه خود را از دست می‌دهد (Koppensteinera *et al*., 2022).

وقتی گیاه با تنش‌های محیطی روبه‌رو می‌شود، تغییرات فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مورفولوژیک زیادی در آن در جهت سازگار شدن و تحمل تنش حاصل می‌شود (Ehdaie *et al*., 1991; Nedjadsadeghi *et al*., 2014). سازوکارهای مختلف مقاومت و

سازگاری گیاهان به تنش‌ها، حاصل فعالیت تعداد زیادی از ژن‌ها و اثر متقابل آن‌ها با محیط است. در قرن اخیر مقاومت به سرما در محصولات زمستانه، خصوصاً غلات، یکی از دغدغه‌های اصلی متخصصین اصلاح نباتات و فیزیولوژی، در نقاط سردسیر بوده است (McKersie & Lesheim, 1994). در شرایط تنش سرما انرژی متابولیک کم‌تری در دسترس گیاه زراعی قرار می‌گیرد، جذب عناصر غذایی محدود می‌شود، آسیمیلاسیون کاهش یافته و در صورت تشدید آن، رشد متوقف می‌شود (Mirmohammadi Mobidi & Torkesh Esfahani, 2004). در تحمل سرما نوع رقم، تیپ و مرحله رشدی، نیاز بهاره‌سازی و طول روز از اهمیت اساسی برخوردار می‌باشند (Saeidi *et al*., 2019; Sarhadi *et al*., 2012).

صفات مختلف فیزیولوژیک برای ارزیابی گیاهان زراعی از جمله ارقام مختلف گندم، در شرایط محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد اما نباید از عملکرد دانه غافل شد (Hajiboland & Habibi, 2011; Ahmadi *et al*., 2019). با توجه به مواد بیان شده، هدف از این تحقیق، بررسی برخی از صفات فیزیولوژیک مرتبط با تحمل سرما و همچنین بررسی تنوع ارقام مختلف گندم نان از تیپ‌های مختلف رشدی از نظر خصوصیات فیزیولوژیک، نیاز حرارتی و عملکرد دانه و اجزای آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق شامل دو آزمایش مزرعه‌ای بود. آزمایش اول به منظور بررسی عملکرد و اجزاء آن در رقم‌های مختلف گندم نان از تیپ‌های مختلف رشدی شامل نورستار، زرین، کویر، باز، سیوند، الوند، پیشگام، پیشتاز، اروم، شهریار، بهار و پارسی در منطقه کرمانشاه و به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. این رقم‌ها به صورت هدفمند از تیپ‌های مختلف رشدی (زمستانه، بینابین و بهاره) انتخاب شدند. تحقیق حاضر در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. در جدول ۱ برخی از خصوصیات رقم‌های گندم مورد بررسی در این تحقیق ذکر شده است. آزمایش دوم به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش، رقم-های مختلف گندم نان به عنوان اولین فاکتور در ۱۲ سطح (ارقام بیان شده در بالا) و زمان نمونه‌برداری به عنوان دومین فاکتور در سه زمان (۲۵ دی، ۲۵ بهمن و ۲۵ اسفند) مورد بررسی قرار گرفتند. دماهای کمینه و بیشینه‌ی هوا در مراحل مختلف نمونه‌برداری در جدول ۲ قابل مشاهده است. بذر رقم‌های مورد مطالعه از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه تهیه شدند.

قبل از اجرای تحقیق، عملیات آماده‌سازی زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار انجام شد و پس از تسطیح، بلوک‌بندی انجام گرفت. هر یک از ارقام به صورت ردیفی در شش خط به فواصل ۲۵ سانتی‌متر و به طول

چهار متر با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شدند. پس از کشت بذرها، اولین آبیاری مصادف با ۱۵ آبان ماه انجام شد که به عنوان تاریخ کشت اصلی در نظر گرفته شد. عملیات داشت نظیر کنترل علف‌های هرز، آبیاری و کوددهی در طول فصل رشد به طور یکنواخت برای تمامی کرت‌ها صورت گرفت.

برای محاسبه عملکرد دانه و تعداد سنبله در متر مربع، در مرحله رسیدگی تکنولوژیک، پس از حذف حاشیه‌ها اقدام به برداشت سه متر مربع از هر کرت شد. جهت اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله، به صورت تصادفی پنج سنبله اصلی از هر کرت برداشت شد و مورد سنجش قرار گرفت. وزن هزار دانه هر ژنوتیپ نیز با شمارش سه نمونه ۱۰۰۰ تایی از دانه‌های برداشت شده از بوته‌ها برحسب گرم اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- نام و ویژگی‌های زراعی رقم‌های مورد مطالعه گندم نان در این تحقیق.

Table 1- Name and agronomic properties of wheat cultivars used in this experiment.

شماره No.	رقم‌ها Cultivars	وزن هزار دانه Thousand grain Weight (g)	تیپ رشد Growth type	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity
1	Norstar	-	Fall	128	3200	Late
2	Zarin	39	Fall	100-105	7600	Middle
3	Pishgam	46	Spring-Fall	93-96	8738	Middle
4	Orum	43	Spring-Fall	88	7382	Middle
5	Sivand	40	Spring	92	8683	Middle
6	Alvand	40	Spring-Fall	100-105	7200	Middle
7	Shahryar	38	Fall	100	7400	Late
8	Bahar	38	Spring	97	6679	Early
9	Parsi	-	Spring	97	8581	Early
10	Baz	-	Spring	88	4800	Early
11	Kavir	39	Spring	95-100	6800	Early
12	Pishtaz	42	Spring	95-100	7400	Middle

جدول ۲- حداقل، حداکثر و متوسط دمای هوا در زمان‌های نمونه‌گیری.

Table 2- Minimum, maximum and average temperature in different sampling times.

زمان نمونه‌گیری Sampling times	دمای حداقل Minimum temperature (°C)	دمای حداکثر Maximum temperature (°C)	میانگین دما Average temperature (°C)
1st	-4.2	8.4	1.7
2nd	0.3	13.8	6.9
3th	2.3	16.1	8.9

مراحل نمونه‌گیری: مرحله اول (اواخر دی ماه)، مرحله دوم (اواخر بهمن ماه)، مرحله سوم (اواخر اسفند ماه).

Sampling times: (1st) early of January, (2nd) early of February, (3th) early of March.

نیاز حرارتی برای مراحل گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید (Russell *et al.*, 1984):

$$GDD= [(Tmax + Tmin)/2]-Tb \quad (۱)$$

در معادله‌ی فوق، GDD بیانگر درجه روز رشد، Tmax و Tmin به ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و Tb دمای پایه (دمایی که پایین‌تر از آن رشد صورت نمی‌گیرد) است که برای گندم صفر درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Zeinali & Soltani, 2001). هم‌چنین در محاسبه میانگین دمای هوا، اگر حداقل دمای روزانه کم‌تر از دمای پایه بود، مساوی با آن قرار داده شد و نیز اگر حداکثر دمای روزانه بیشتر از یک حد معین (۳۰ درجه سانتی‌گراد) بود، برابر با آن قرار داده شد (Kocheki, 2002).

به منظور بررسی سرعت رشد محصول از تاریخ ۱۰ آذر ماه (در مرحله سه برگی) هر ده روز یک بار از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی برداشت گردید و این روند تا فروردین ماه ادامه داشت. در مراحل گرده‌افشانی، ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک نیز نمونه‌برداری انجام شد. برای محاسبه سرعت رشد محصول در طول مدت زمانی مورد مطالعه از رابطه ۲ استفاده گردید:

$$CGR= (W_2-W_1)/(t_2-t_1) \quad (۲)$$

در معادله‌ی فوق CGR بیانگر سرعت رشد محصول بر حسب گرم بر متر مربع در روز، W_1 و W_2 به ترتیب وزن خشک هر نمونه (بر حسب گرم) در زمان t_1 و t_2 می‌باشد (Javadi *et al.*, 2007).

برای اندازه‌گیری محتوای قند طوقه در سه تاریخ شامل اواخر دی، اواخر بهمن و اواخر اسفند، از هر کرت آزمایشی ۱۵ بوته به صورت تصادفی جمع‌آوری گردید. پس از خشک کردن، قسمت طوقه آن‌ها با دقت جدا شده و سپس به وسیله آسیاب پودر شدند. برای اندازه‌گیری محتوی قندهای محلول طوقه با کمی تغییرات از روش فنل - اسید سولفوریک استفاده شد (AOAC, 1995) و میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۸۸ نانومتر توسط دستگاه الایزا (BioTek, PowerWave XS, USA) قرائت شد. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف گلوکز استفاده گردید.

اندازه‌گیری میزان سبزینگی به روش غیر تخریبی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی مدل SPAD-502 و اندازه‌گیری صفت حداکثر عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) توسط دستگاه فتومتر قابل حمل (PSM, Hansonthech, UK) در سه تاریخ شامل اواخر دی، اواخر بهمن و اواخر اسفند در برگ-های ارقام مورد مطالعه انجام شد.

داده‌های جمع‌آوری شده برای صفات مورد برر سی در فایل Excel وارد شده و برای ان جام آ نالیز داده ها از نرم‌افزار های MSTAT-C و SPSS ا ستفاده گرد ید. برای مقایسه میانگین ها ن یز از آز مون چ ند دام نه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تیمارها از نظر عملکرد و اجزاء آن بیانگر این بود که ارقام از نظر همه صفات مورد مطالعه شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و نیاز حرارتی تا رسیدن به مراحل نموی گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک اختلاف بسیار معنی‌داری داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد و اجزاء آن در رقم‌های گندم مورد بررسی نشان داد که ارقام بهاره سیوند، پارسی، اروم و شهریار به ترتیب با ۵۱۷، ۵۱۰، ۴۹۹ و ۴۹۸ گرم در مترمربع بیش‌ترین و رقم زمستانه نورستار با ۲۲۳ گرم در مترمربع کم‌ترین مقدار عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). از نظر وزن هزار دانه، ارقام سیوند، الوند، پارسی اروم، و پیشتاز به ترتیب با ۴۹/۱، ۴۸/۸ و ۴۸/۷، ۴۶/۰ و ۴۵/۸ گرم دارای بیش‌ترین و ارقام کویر و زرین به ترتیب با ۳۱/۰ و ۲۸/۰ گرم کم‌ترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۴). بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به ارقام اروم، الوند، پارسی، سیوند و پیشتاز به ترتیب با مقادیر ۵۳/۵، ۵۰/۲، ۴۹/۱، ۴۸/۸ و ۴۶/۶ دانه و کم‌ترین را ارقام بهار، زرین، کویر و نورستار به ترتیب با ۳۲/۸، ۳۱/۶، ۳۵/۴ و ۳۴/۳ دانه به خود اختصاص دادند (جدول ۴). از نظر تعداد سنبله در متر مربع نیز ارقام کویر و شهریار با ۵۶۸ سنبله دارای بیش‌ترین مقدار و رقم نورستار با ۲۹۹ عدد، کم‌ترین تعداد سنبله در متر مربع را داشتند (جدول ۴). لازم به ذکر است که تعداد دانه در سنبله از جمله فاکتورهای تعیین کننده ظرفیت مخزن به‌شمار می‌آید که تابع عوامل ژنتیکی و محیطی می‌باشد (Abdoli & Esfandiari, 2014). با توجه به اینکه افزایش وزن هزار دانه در اثر اختصاص مقادیر بیش‌تر فتوآسیمیلات‌ها به دانه اتفاق می‌افتد، این امر می‌تواند ناشی از کاهش تعداد دانه در سنبله و یا افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تأمین بهتر این مواد باشد. در این تحقیق با توجه به اینکه ارقام اروم، سیوند، الوند و پارسی علاوه بر تعداد دانه در سنبله، از وزن هزار دانه بیش‌تری برخوردار بودند، لذا این امر می‌تواند نشانگر کارایی متابولیسمی بهتر ارقام فوق به ویژه در زمینه توان تولید مواد فتوسنتزی جهت پرکردن دانه‌ها باشد. بر اساس نتایج می‌توان بیان کرد که تنوع ژنتیکی وسیعی در بین ارقام مختلف گندم مورد مطالعه در این تحقیق وجود دارد. نتایج به دست آمده همچنین نشان داد ارقامی که از نظر وزن دانه و تعداد دانه در سنبله برتری داشتند، عملکرد بیش‌تری تولید نمودند. مطابق با نتایج این تحقیق، سایر محققین نیز به افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش اجزای عملکرد منجمله تعداد دانه در سنبله و وزن دانه اشاره کرده‌اند (Gizaw *et al*., 2016; Gholizadeh *et al*., 2018; Ahmadi *et al*., 2019).

جدول ۳- تجزیه واریانس رقم‌های مختلف گندم از نظر نیاز حرارتی، عملکرد دانه و اجزاء آن.

Table 3- Analysis of variance of different bread wheat cultivars for growing degree days, grain yield and its components.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean square					
		عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	نیاز حرارتی گلدهی	نیاز حرارتی رسیدگی
Sources of variation	df	Grain yield	Thousand grain Weight	Number of grains per spike	Number of spikes per m^2	Growing degree days to flowering	Growing degree days to maturity
تکرار Replication (R)	2	134 ^{ns}	3.70 ^{ns}	0.37 ^{ns}	12.3 ^{ns}	25.9 ^{ns}	101 *
رقم Cultivar (C)	11	18479 **	152 **	168 **	22704 **	23260 **	2403 **
اشتباه Error	22	239	5.46	15.8	1070	13.6	18.9
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.37	5.81	9.46	7.67	0.32	0.23

^{ns}، * و **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) بیانگر این مطلب بود که بیش‌ترین نیاز حرارتی تا مرحله‌ی گلدهی، مربوط به رقم زمستانه نورستار با ۱۴۰۵ درجه روز رشد و کم‌ترین مقدار مربوط به رقم بهاره کویر و رقم دو فصله اروم به ترتیب با ۱۰۹۳ و ۱۰۹۱ درجه روز رشد بود. در مورد مقدار نیاز حرارتی از زمان کاشت تا رسیدن به مرحله‌ی نموی رسیدگی، رقم نورستار با ۱۹۳۸ درجه روز رشد دارای بیش‌ترین و ارقام زرین و پارسی با ۱۸۳۰ درجه روز رشد، کم‌ترین نیاز حرارتی را داشتند (جدول ۴). بر اساس این اصل که گیاه زمانی به مرحله خاصی از نمو خود می‌رسد که مقدار مشخص و معینی حرارت دریافت نماید. بنابراین در هر مرحله متوالی نمو گیاه، مقدار معینی گرما لازم است که با توجه به متغیر بودن درجه حرارت و طول روز و عدم تخمین دقیق مراحل فنولوژیک گیاه، استفاده از واحد روز درجه رشد برای تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی گیاه امری ضروری است. بر اساس نتایج مشخص گردید که تنوع زیادی در بین ارقام بهاره و زمستانه از نظر نیاز حرارتی وجود دارد. نتایج همچنین نشان داد که ارقام دارای عملکرد دانه کم‌تر، دارای نیاز حرارتی بیش‌تری بودند (جدول ۴) و از سویی، بررسی نیاز حرارتی ارقام مورد بررسی تا مرحله‌ی گلدهی نشان داد که به طور متوسط ارقام بهاره نیاز حرارتی کم‌تری نسبت به ارقام زمستانه

داشتند. موافق با نتایج این تحقیق، کربی و همکاران (Kirby *et al.*, 1985) گزارش کردند که در محیط مزرعه سرعت نمو رقم‌های زمستانه گندم کم‌تر از رقم‌های بهاره است و درجه روز رشد لازم برای طول دوره کاشت تا ظهور برجستگی دوگانه و سنبلچه انتهایی رقم‌های زمستانه بیش‌تر از رقم‌های بهاره می‌باشد (Kirby *et al.*, 1999).

در این بررسی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نیاز حرارتی تا مرحله‌ی گلدهی با تحمل سرما مشاهده شد (جدول ۹). به عبارت دیگر ارقام با نیاز حرارتی بالاتر (ارقام زمستانه و بینابین) دارای مقاومت به سرمای بیش‌تری بودند. با توجه به اینکه ارقام زمستانه به نیاز حرارتی بیش‌تری نیاز دارند، بنابراین قابلیت تحمل هوای سرد را خواهند داشت، زیرا که در مدت زمان بیش‌تری این نیاز حرارتی تأمین می‌گردد. ولی در ارقام بهاره به علت نیاز حرارتی کم‌تر و برطرف شدن زودتر آن نسبت به سرما حساس می‌شوند.

جدول ۴- مقایسه میانگین نیاز حرارتی، عملکرد دانه و اجزاء آن در رقم‌های مختلف گندم نان.

Table 4- Mean comparisons of the growing degree days, grain yield and its components in different bread wheat cultivars.

رقم‌ها Cultivars	عملکرد دانه Grain yield (g/m^2)	وزن هزار دانه Thousand grain weight (g)	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spikes per m^2	نیاز حرارتی گلدهی Growing degree days to flowering	نیاز حرارتی رسیدگی Growing degree days to maturity
Norstar	223 g	32.39 c	34.30 cd	299 f	1405 a	1938 a
Zarin	451 ef	28.02 d	31.62 d	364 de	1134 d	1830 d
Pishgam	468 de	41.42 b	41.53 bc	338 ef	1137 d	1869 b
Orum	499 abc	46.01 a	53.51 a	445 bc	1091 g	1846 c
Sivand	517 a	49.08 a	48.75 a	408 cd	1135 d	1844 c
Alvand	474 cde	48.80 a	50.23 a	489 b	1150 c	1848 c
Shahryar	498 abcd	37.49 b	40.20 bc	568 a	1137 d	1848 c
Bahar	425 f	37.37 b	32.78 d	404 cd	1150 c	1861 b
Parsi	510 ab	48.71 a	49.05 a	433 bc	1114 e	1830 d
Baz	474 cde	39.88 b	40.86 bc	334 ef	1105 f	1867 b
Kavir	485 bcd	31.00 cd	35.40 cd	568 a	1093 g	1868 b
Pishtaz	486 bcd	45.76 a	46.55 ab	464 bc	1251 b	1868 b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس سرعت رشد محصول بیانگر این بود که ارقام مورد بررسی از نظر سرعت رشد در مراحل مختلف رشد رویشی (پاییز و زمستان)، در زمان گرده‌افشانی، ۱۴ روز بعد از گرده‌افشانی و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دارای اختلافات معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین ارقام از نظر سرعت رشد

محصول در مراحل مختلف نمونه‌برداری نشان داد که در ماه‌های آذر، دی و بهمن به طور متوسط ارقام اروم، کویر و پیشتاز دارای بیش‌ترین سرعت رشد و ارقام نورستار، پیشگام و الوند کم‌ترین سرعت رشد را داشتند (جدول ۵). در اسفند ماه، بیش‌ترین سرعت رشد محصول مربوط به ارقام اروم، پیشتاز و شهریار و کم‌ترین سرعت رشد را ارقام نورستار، زرین و الوند به خود اختصاص دادند (جدول ۵). در فروردین ماه، ارقام اروم، باز و کویر دارای بیش‌ترین سرعت رشد و ارقام نورستار و زرین کم‌ترین سرعت رشد را داشتند (جدول ۵).

در مرحله‌ی گرده‌افشانی، بیش‌ترین سرعت رشد محصول مربوط به ارقام اروم، باز و کویر به ترتیب با مقادیر ۳۷/۲۰، ۳۲/۵۰ و ۳۲/۰۸ و رقم نورستار با ۱۸/۸۲ گرم بر متر مربع در روز، دارای کم‌ترین سرعت رشد بودند (جدول ۵). در موعد دو هفته پس از گرده‌افشانی، ارقام شهریار، باز و بهار به ترتیب با مقادیر ۲۴/۹۴، ۲۳/۲۴ و ۲۳/۰۱ دارای بیش‌ترین سرعت رشد و رقم نورستار با ۱۲/۲۰ گرم بر متر مربع در روز کم‌ترین مقدار را دارا بودند (جدول ۵).

در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک، بیش‌ترین سرعت رشد مربوط به ارقام شهریار، پیشتاز و بهار به ترتیب با مقادیر ۱۸/۴۷، ۱۵/۹۰ و ۱۳/۶۴ و ارقام نورستار، باز و کویر به ترتیب با مقادیر ۷/۹۱، ۷/۵۷ و ۶/۸۷ گرم بر متر مربع در روز، کم‌ترین سرعت رشد را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که ارقام دارای سرعت رشد محصول بیش‌تر در مراحل مختلف رشدی دارای عملکرد دانه بیش‌تری هستند (جدول ۴ و جدول ۵)؛ به طوری که ارقام بهاره سیوند و پارسی علاوه بر عملکرد دانه بالاتر، همچنین از نظر سرعت رشد محصول نسبت به بقیه ارقام گندم برتری داشتند و رقم زمستانه نورستار با حداقل تولید عملکرد دانه در این شرایط آب و هوایی، همچنین کم‌ترین سرعت رشد گیاه را در سایر مراحل رشدی نسبت به دیگر رقم‌های مورد بررسی گندم داشت. در همین ارتباط نیز کریمی و سیدیکو (Karimi & Siddique, 1991) در بررسی خود، ارتباط بین سرعت رشد نسبی رقم‌های گندم در مراحل مختلف نمو را با شکل‌گیری عملکرد دانه بالاتر معنی‌دار اعلام نمودند.

نتایج نشان داد که در اوایل دوره رشد، میزان سرعت رشد ارقام گندم کم است ولی به مرور زمان میزان آن افزایش می‌یابد (جدول ۶). احتمالاً این امر به این دلیل است که سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم نور خورشید که توسط گیاه جذب می‌شود، کم است. با نمو گیاهان زراعی افزایش سریعی در رشد گیاه بوجود می‌آید، زیرا سطح برگ‌ها توسعه می‌یابد و نور کمتری از لابه لای پوشش گیاهی به سطح خاک می‌رسد. حداکثر سرعت رشد گیاه و تندترین شیب در منحنی تغییرات وزن خشک کل هنگامی حاصل می‌شود که گیاهان به اندازه

کافی بلند و متراکم شده باشند تا بتوانند از تمام عوامل محیطی حداکثر بهره‌گیری را بنمایند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت غلظت قندهای محلول طوقه نشان داد که اثر ساده رقم و مراحل نمونه‌گیری بر محتوی قندهای محلول طوقه معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل رقم در مراحل نمونه‌گیری تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر محتوی قندهای محلول طوقه نشان داد که رقم زمستانه نورستار با ۴۹۸/۸ میلی‌گرم گلوکز بر گرم وزن خشک، بیش‌ترین غلظت قندهای محلول طوقه را دارا بود و ارقام پارسی، بهار، باز، کویر و پیشتاز با مقادیر ۳۱۰، ۳۰۹، ۲۹۳، ۲۸۹ و ۲۶۰ نسبت به سایر ارقام کم‌ترین مقدار قندهای محلول طوقه را داشتند (جدول ۷).

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های سرعت رشد گیاه در مراحل مختلف نمو رقم‌های مورد بررسی گندم نان.

Table 5- Mean comparisons of the crop growth rate on developmental stages of different bread wheat cultivars.

Cultivars	CGR 1	CGR 2	CGR3	CGR4	CGR5	CGR6	CGR7	CGR8	CGR9	CGR10	CGR 11	CGR 12	CGR 13	CGR 14	CGR 15	CGR 16	CGR 17
	($g/m^2.day$)																
Norstar	0.71 d	0.87 e	1.0 g	1.3 i	1.5 g	1.8 i	2.1 i	2.6 k	3.0 i	3.7 j	4.9 e	6.9 d	10.0 f	11.7 h	18.8 g	12.2 h	7.9 hij
Zarin	0.92 ab	1.04 d	1.4 e	1.9 f	2.4 e	3.1 g	3.7 g	4.2 h	4.9 g	6.0 h	7.8 d	6.0 d	13.1 e	16.7 g	28.6 d	21.4 ef	9.3 fgh
Pishgam	0.71 d	0.96 d	1.3 f	1.7 g	2.3 e	3.0 g	3.8 g	4.6 g	6.0 e	7.6 e	9.0 c	11.5 bc	14.8 d	18.8 de	23.8 f	20.4 g	10.7 ef
Orum	0.96 a	1.46 a	2.2 a	3.0 a	3.9 a	4.7 a	5.5 a	6.3 a	7.5 a	9.2 a	10.8a	14.6 a	18.6 a	25.5 a	37.2 a	22.3 cde	8.9 ghi
Sivand	0.96 a	1.21 b	1.5 d	2.1 d	2.8 d	3.5 f	4.2 f	4.8 f	5.8 f	6.9 g	9.6 bc	10.7 bc	13.3 e	19.0 d	26.6 e	22.5 bcd	12.0 de
Alvand	0.75 d	1.04 d	1.3 f	1.5 h	2.0 f	2.3 h	2.8 h	3.2 j	4.0 h	5.5 i	7.3 d	10.2 c	14.8 d	17.5 fg	24.2 f	21.1 fg	12.3 cd
Shahryar	0.83 c	1.12 c	1.5 e	2.0 ef	2.7 d	3.6 e	4.4 e	5.0 e	6.4 d	7.8 cd	10.4 a	13.0 ab	16.5 c	20.8 c	29.2 d	24.9 a	18.5 a
Bahar	0.83 c	1.00 d	1.4 e	2.0 ef	2.8 d	3.7 de	4.4 e	5.3 d	6.4 d	8.0 c	10.2 ab	12.5 abc	16.9 bc	20.8 c	28.6 d	23.0 bc	13.6 c
Parsi	0.62 e	1.21 b	1.9 c	2.4 c	3.1 c	3.8 d	4.6 d	5.4 c	6.7 c	8.3 b	10.3 ab	12.5 abc	16.4 c	16.9 fg	26.8 e	20.4 g	9.6 fg
Baz	0.83 c	1.16 bc	1.5 d	2.3 c	3.2 c	4.0 c	4.8 c	4.9 f	6.1 e	7.7 de	9.3 c	12.6 abc	17.5 b	23.6 b	32.5 b	23.2 b	7.6 ij
Kavir	0.83 c	1.25 b	2.0 b	2.0 de	2.8 d	3.6 e	4.4 e	3.8 i	5.7 f	7.3 f	9.0 c	12.0 abc	17.3 b	23.4 b	32.1 bc	22.0 de	6.9 j
Pishtaz	0.87 bc	1.25 b	1.9 c	2.6 b	3.4 b	4.2 b	5.3 b	5.9 b	6.8 b	8.3 b	9.2 c	11.1 bc	15.0 d	17.9 ef	31.6 c	23.0 bc	15.9 b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

CGR1: سرعت رشد ۲۰- ۱۰آذر، CGR2: ۳۰- ۲۰آذر، CGR3: ۳۰آذر تا ۱۰دی، CGR4: ۲۰- ۱۰دی، CGR5: ۳۰- ۲۰دی ، CGR6: ۳۰ دی تا۱۰ بهمن ، CGR7: ۲۰- ۱۰بهمن، CGR8: ۳۰- ۲۰بهمن، CGR9: سرعت رشد ۳۰ بهمن تا ۱۰ اسفند، CGR10: ۲۰- ۱۰ اسفند، CGR11: ۲۹- ۲۰ اسفند، CGR12: ۲۹ اسفند تا ۱۰ فروردین ، CGR13: ۲۰- ۱۰ فروردین، CGR14: ۳۰- ۲۰ فروردین، CGR15: گرده‌افشانی، CGR16: ۱۴روز بعد از گرده‌افشانی، CGR17: رسیدگی فیزیولوژیک.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level.

CGR1: from Nov. 30 to Des. 10, **CGR2**: from Des. 10 to Des. 20, **CGR3**: from Des. 20 to Des. 30, **CGR4**: from Des. 30 to Jan. 9, **CGR5**: from Jan. 9 to Jan. 19, **CGR6**: from Jan. 19 to Jan. 29, **CGR7**: from Jan. 29 to Feb. 8, **CGR8**: from Feb. 8 to Feb. 18, **CGR9**: from Feb. 18 to Feb. 28, **CGR10**: from Feb. 28 to Mar. 10, **CGR11**: from Mar. 10 to Mar. 19, **CGR12**: from Mar. 19 to Mar. 30, **CGR13**: from Mar. 30 to Apr. 9, **CGR14**: from Apr. 9 to Apr. 19, **CGR15**: two weeks befor anthesis, **CGR16**: two weeks after anthesis, **CGR17**: two weeks befor maturity.

به طور کلی در تحقیق حاضر، میزان تجمع قندهای محلول در طوقه ارقام زمستانه و بینابین نسبت به ارقام بهاره بیش‌تر بود. در بررسی همبستگی تحمل سرما با محتوی قندهای طوقه مشخص شد که ارقام متحمل به سرما از محتوی قند بیش‌تری برخوردار بودند (جدول ۱۰). روند تجمع قندهای محلول در طوقه بوته‌های گندم در طول مراحل نمونه‌برداری (مرحله اول: اواخر دی‌ماه، مرحله دوم: اواخر بهمن ماه، مرحله سوم: اواخر اسفند ماه) به صورت نزولی بود، به طوری‌که در مرحله اول، طوقه دارای محتوای قند بیش‌تری نسبت به دو مرحله دیگر بود و در مرحله سوم، میزان قندهای محلول به حداقل مقدار خود رسید (جدول ۸). در بازه زمانی ۱۰ تا ۲۵ دی ماه، تغییرات دمای هوا از ۱۲/۴ تا ۹/۵- درجه سانتی‌گراد متغیر بود و همچنین در این بازه زمانی دمای هوا در اکثر شب‌ها زیر صفردرجه سانتی‌گراد بود. در نتیجه با توجه به شرایط دمایی، ممکن است ارقام جهت تحمل سرما میزان محتوی قندهای محلول طوقه را افزایش داده باشند تا با کاهش نقطه انجماد درون سلول، تنش سرما را بهتر تحمل کنند. در مراحل بعدی نمونه‌گیری، با مساعد شدن هوا و همچنین با توجه به اینکه ارقام حد اشباع بهاره‌سازی را پشت سر گذاشته بودند، میزان تجمع قندهای محلول در طوقه کاهش یافت (جدول ۸). غلظت قندهای طوقه رابطه مستقیمی با فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به سرما دارند (Atici & Nalbantoglu, 2003; Kerepesi *et al.*, 2004; Rajabi & Pourdad, 2011; Nejadsadeghi *et al.*, 2019). به نظر می‌رسد که قندها نقش مهمی در خوسرمایی گیاهان ایفا می‌کنند، به طوری‌که تصور می‌شود تجمع زیاد قندها در تنظیم اسمزی و در انتقال پیام‌های درون سلولی نقش دارد (Annikki & Palva, 2006). تجمع قندها مانند ساکارز، رافینوز، سوربیتول و فروکتان طی دوره خوگیری گیاه به سرما موجب ثبات غشاءها و پروتئین‌ها طی شرایط آب‌کشیدگی در اثر یخزدگی می‌شوند (Breton *et al.*, 2000). ساسانی و همکاران (Sasani *et al.*, 2012) در تحقیقی روی روند انباشت قندهای محلول و تحمل سرما در گندم نان گزارش کردند که در شرایط مزرعه در ارقام زمستانه و بینابین محتوای قند کل در هر دو بافت برگ و طوقه، طی فصول پاییز روند افزایشی داشت. در این آزمایش، در ارقام زمستانه و متحمل به سرما بیش‌ترین میزان قند طوقه و برگ در اواخر پاییز و اوایل زمستان دیده شد، اما در رقم مقاوم به سرما روند افزایش قند طوقه تا نیمه زمستان تداوم یافت. در رقم بهاره تغییری معنی‌دار در محتوای قند طوقه ملاحظه نگردید.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس سبزینگی برگ ارقام مورد بررسی نشان داد که اثر ساده رقم و مراحل نمونه‌گیری بر این صفت معنی‌دار گردید. اثرات متقابل رقم در مراحل نمونه‌گیری تأثیر معنی‌داری بر میزان سبزینگی برگ نداشت (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر ساده رقم در ارتباط با سبزینگی برگ بوته‌های گندم نشان داد که بیش‌ترین میزان سبزینگی برگ مربوط به رقم زمستانه

نورستار بود و ارقام بهاره پیشتاز و باز کم‌ترین سبزینگی برگ نسبت به سایر ارقام برخوردار بودند (جدول ۷). به طور کلی نتایج این آزمایش بیانگر این بود که ارقام زمستانه و بینابین نسبت به ارقام بهاره، سبزینگی برگ بیش‌تری داشتند.

بررسی میزان سبزینگی در مراحل نمونه‌گیری (مرحله اول: اواخر دی ماه، مرحله دوم: اواخر بهمن ماه، مرحلهی سوم: اواخر اسفند ماه)، نشان داد که در مرحلهی اول نمونه‌برداری میزان سبزینگی برگ بوته‌های گندم نسبت به مراحل دیگر کم‌تر بود و در طول نمونه‌برداری میزان سبزینگی برگ ارقام روند افزایشی داشت. به‌طوری‌که در مرحله سوم مقدار سبزینگی نسبت به سایر مراحل بیش‌تر بود (جدول ۸). محتوای کلروفیل برگ یک عامل مهم تعیین‌کننده در تعیین ظرفیت فتوسنتزی برگ است (Yordanova & Popova, 2007). کاهش محتوی کلروفیل (سبزینگی برگ) در شرایط تنش باعث کاهش خسارت به سیستم فتوسنتزی گیاه به علت کاهش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. در شرایط تنش، کاهش محتوی کلروفیل می‌تواند یک صفت مطلوب باشد (Kranner *et al.*, 2002). ساسانی و همکاران (Sasani *et al.*, 2013) طی بررسی‌های خود گزارش کردند که در شرایط مزرعه ارقام گندم از نظر صفت سبزینگی برگ دارای تفاوت معنی‌دار بودند. آن‌ها بیان کردند که ارقام زمستانه نسبت به ارقام بینابین و بهاره در تمام مراحل نمونه‌برداری در طول پاییز و زمستان از نظرسبزینگی برگ از شرایط بهتری برخوردار بودند. ارقام زمستانه و بینابین در طی پاییز تا ماه نخست زمستان از نظر محتوی کلروفیل روند ثابت و با شروع نیمه‌ی دوم زمستان روند صعودی و افزایشی داشتند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حداکثر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) نشان داد که اثر ساده رقم و مراحل نمونه‌گیری در ارتباط با این صفت معنی‌دار گردید، ولی اثرات متقابل رقم در مراحل نمونه‌گیری بر مقدار حداکثر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۶). در این آزمایش نتایج به دست آمده نشان داد که رقم بینابین الوند و ارقام زمستانه زرین و شهریار و نورستار دارای بیش‌ترین مقدار کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II بودند و ارقام بهاره پیشتاز و پارسی کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II کم‌تری داشتند. بررسی اثر ساده مراحل نمونه‌گیری بر حداکثر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II بیانگر این بود که ارقام در مرحله اول (اواخر دی ماه) نسبت به مراحل دیگر از کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II کم‌تری برخوردار بودند (جدول ۷). در دماهای پایین، از متابولیسم برگ به شدت ممانعت به عمل می‌آید و خسارت نوری بر فتوسیستم II زیاد است و اندازه‌گیری حداکثر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II می‌تواند به عنوان یک روش موفقیت‌آمیز در شناسایی تفاوت در تحمل سرما به‌کار گرفته شود (Xu *et al.*, 2014). تأثیر سوء دمای پایین بر فتوسیستم II و انتقال الکترون در فتوسنتز را می‌توان به از بین رفتن استحکام

غشاء تیلاکوئید و در نتیجه نشت الکترولیت‌ها نسبت داد (Zobayed *et al.*, 2005).

بررسی روند تغییرات کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II، بیانگر این بود که در مرحلهی اول اندازه‌گیری با توجه به پایین بودن دمای هوا، میزان کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II بوته‌های گندم نسبت به مراحل دیگر کم‌تر بود. در واقع کاهش کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II به معنی آسیب به فتوسیستم II و اختلال در مسیر انتقال الکترون است که این امر باعث افزایش فلورسنس کلروفیل و کاهش کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II می‌شود (جدول ۸). در این ارتباط، سی‌وسه‌مرده و همکاران (Siosemardeh *et al.*, 2010) در تحقیقی که روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت تأثیر تنش سرما داشتند، گزارش کردند که کاهش دما منجر به کاهش کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در گندم گردید. بهی (Behi, 2012) نیز در مطالعه خود روی ۲۰ ژنوتیپ جو، گزارش کرد که میزان کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II در تمامی ژنوتیپ‌ها طی خوگیری به سرما، کاهش یافت.

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر رقم و زمان‌های مختلف نمونه‌گیری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیک رقم‌های مختلف گندم نان.

Table 6- Analysis of variance of the effect of cultivar and sampling times on some of physiological traits in different bread wheat cultivars.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean square		
Sources of variation	df	قندهای محلول در آب Water soluble carbohydrates	سبزینگی برگ leaf Greenness	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Maximum photochemical efficiency of photosystem II
تکرار Replication (R)	2	8027 *	8.54 ns	0.543 **
رقم Cultivar (C)	11	48715 **	60.9 **	0.085 *
زمان نمونه‌گیری Sampling times (S)	2	696739 **	169 **	3.67 **
C × S	22	1033 ns	3.19 ns	0.039 ns
اشتباه Error	70	2439	3.58	0.035
ضریب تغییرات CV (%)	-	13.66	4.34	2.61

ns، * و **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۷- مقایسه‌میانگین‌های اثر رقم بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیک رقم‌های مختلف گندم نان.

Table 7- Mean comparisons of the effect of cultivar on some of physiological traits in different bread wheat cultivars.

رقم‌ها Cultivars	قندهای محلول در آب Water soluble carbohydrates (mg Glu/g DW)	سبزینگی برگ leaf Greenness	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Maximum photochemical efficiency of photosystem II
Norstar	498 a	49.76 a	0.726 abc
Zarin	409 b	44.40 bcd	0.727 ab
Pishgam	426 b	45.09 b	0.717 abcd
Orum	412 b	44.72 bc	0.721 abcd
Sivand	319 c	42.47 de	0.711 bcd
Alvand	418 b	44.42 bcd	0.732 a
Shahryar	392 b	44.47 bcd	0.727 ab
Bahar	309 cd	43.37 bcde	0.706 cd
Parsi	310 cd	42.81 cde	0.705 d
Baz	293 cd	39.69 f	0.712 abcd
Kavir	289 cd	42.18 e	0.714 abcd
Pishtaz	260 d	40.18 f	0.704 d

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level.

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثر زمان‌های مختلف نمونه‌گیری بر برخی از خصوصیات فیزیولوژیک رقم‌های مختلف گندم نان.

Table 8- Mean comparisons of the effect of sampling times on some of physiological traits in different bread wheat cultivars.

زمان‌های نمونه‌گیری Sampling times	قندهای محلول در آب Water soluble carbohydrates (mg Glu/g DW)	سبزینگی برگ leaf Greenness	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Maximum photochemical efficiency of photosystem II
1^{st}	499 a	41.40 c	0.682 c
2^{nd}	364 b	43.75 b	0.725 b
3^{th}	221 c	45.74 a	0.744 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند.

مراحل نمونه‌گیری: مرحله اول یا 1^{st} (اواخر دی ماه)، مرحله دوم یا 2^{nd} (اواخر بهمن ماه) و مرحله سوم یا 3^{th} (اواخر اسفند ماه).

Means followed by the same letters in each column are not significantly different by Duncan's test at 5% probability level.

Sampling times: (1^{st}) early of January, (2^{nd}) early of February, (3^{th}) early of March.

جدول ۹- ضرایب همبستگی ساده بین نیاز حرارتی، عملکرد دانه و اجزاء آن در رقم‌های مختلف گندم نان.

Table 9- Simple correlation coefficients between growing degree days, grain yield and its components in different bread wheat cultivars.

Traits	GY	TGW	NGPS	NSPM	GDDF	GDDM
GY	1					
TGW	0.507 ^{ns}	1				
NGPS	0.528 ^{ns}	0.915 **	1			
NSPM	0.536 ^{ns}	0.091 ^{ns}	0.225 ^{ns}	1		
GDDF	-0.857 **	-0.212 ^{ns}	-0.265 ^{ns}	-0.396 ^{ns}	1	
GDDM	-0.865 **	-0.350 ^{ns}	-0.378 ^{ns}	-0.393 ^{ns}	0.822 **	1

^{ns} ، * و **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

GY: عملکرد دانه، TGW: وزن هزار دانه، NSPS: دانه در سنبله، NSPM: سنبله در متر مربع، GDDF: نیاز حرارتی تا گلدهی، GDDM: نیاز حرارتی تا رسیدگی

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Grain yield (GY), Thousand grain weight (TGW), Number of grains per spike (NGPS), Number of spikes per m^2 (NSPM), Growing degree days to flowering (GDDF), Growing degree days to maturity (GDDM).

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی ساده بین برخی خصوصیات فیزولوژیک در گندم نان در مراحل اول و دوم نمونه‌گیری.

Table 10- Simple correlation coefficients between physiological traits in different bread wheat cultivars in the first and second sampling stages.

تیمارها Traits	زمان‌های نمونه‌گیری Sampling times	قندهای محلول در آب WSC	سبزینگی برگ‌ها Leaf greenness	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Fv/Fm
قندهای محلول در آب WSC	1st 2nd	1		
سبزینگی برگ‌ها Leaf greenness	1st 2nd	0.896 ** 0.931 **	1	
حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Fv/Fm	1st 2nd	0.802 ** 0.159 ^{ns}	0.709 ** 0.043 ^{ns}	1

^{ns}، * و **به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

مراحل نمونه‌گیری: مرحله اول یا 1st (اواخر دی ماه)، مرحله دوم یا 2nd (اواخر بهمن ماه) و مرحله سوم یا 3th (اواخر اسفند ماه).

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Sampling times: (1st) early of January, (2nd) early of February.

در این تحقیق، رابطه مثبت و معنی‌دار بین تحمل سرما با نیاز حرارتی تا گلدهی، مشاهده شد. به عبارت دیگر ارقام با نیاز حرارتی بیش‌تر از مقاومت به سرمای بالاتری برخوردار بودند. این نتایج در مرحله دوم (اواخر بهمن ماه) هم مشاهده شد (جدول ۹). همبستگی بین عملکرد دانه با نیاز حرارتی تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، به صورت منفی و معنی‌دار بود. این بدان معنی که، ارقام دارای نیاز حرارتی بیش‌تر، از عملکرد دانه کم‌تری برخودار بودند (جدول ۹). در این راستا، احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2010) نیز رابطه منفی بین نیاز حرارتی با عملکرد دانه گندم گزارش کردند.

بین صفت‌های قندهای محلول طوقه، سبزینگی برگ و حداکثر کارآیی فتوشیمیایی فتوسیستم II همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۱۰). در مرحله دوم (اواخر بهمن ماه)، رابطه‌ی بین تحمل سرما با صفات محتوی قند محلول و سبزینگی برگ به صورت مثبت و معنی‌دار بود

(جدول ۱۰). منطبق با نتایج این تحقیق، برخی از مطالعات وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار را بین کربوهیدرات‌ها و درجه تحمل به سرما در گیاهان زراعی منجمله غلات نشان داده‌اند (Ball *et al.*, 2002; Dorffling *et al.*, 2009) که این امر نشانگر افزایش تحمل به سرما با افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه ارقام زمستانه و بینابین از نظر محتوای قندهای محلول طوقه، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و سبزینگی برگ در طول فصل سرما (زمستان) مخصوصاً در دی ماه نسبت به ارقام بهاره در جایگاه برتری قرار داشتند، به نظر می‌رسد که ارقام زمستانه و بینابین نسبت به ارقام بهاره از مقاومت به سرمای بیش‌تری برخوردار بودند. بررسی میزان سبزینگی در مراحل مختلف اندازه‌گیری نشان داد که در مرحله اول (اواخر دی ماه) با توجه به پایین بودن دمای هوا، میزان سبزینگی برگ بوته‌های گندم نسبت به مراحل دیگر کم‌تر بود و در طول زمستان با مساعد شدن شرایط دمایی، میزان سبزینگی برگ، افزایش پیدا کرد. بررسی نیاز حرارتی ارقام مورد بررسی تا مرحله گلدهی نشان داد که به طور متوسط ارقام بهاره نیاز حرارتی کم‌تری نسبت به ارقام زمستانه داشتند. این بدان معناست که ارقام با نیاز حرارتی بالاتر (ارقام زمستانه و بینابین) دارای مقاومت به سرمای بیشتری بودند. به طور کلی، با توجه به بالاتر بودن عملکرد دانه تیپ‌های رشدی بهاره، در منطقه آب و هوایی مورد مطالعه (کرمانشاه)، کشت این ارقام نسبت به دو تیپ رشدی دیگر بیش‌تر قابل توصیه است.

References

Abdoli, M., & Esfandiari, E. 2014. Effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield and seedlings growth characteristics of bread wheat (cv. Kohdasht). Iranian Journal of Dryland Agriculture, 3(1), 77-90. [In Persian].

Ahmadi, N., Jasemi, S. Sh., & Aghayari, F. 2019. Evaluation of cold stress tolerance and some agronomic characteristics of bread wheat promising lines. Seed and Plant Production, 35(1), 83-101. [In Persian].

Ahmed, M., & Farooq, S. 2013. Growth and physiological response of wheat cultivares under various planting windows. The Journal of Animal and Plant Sciences, 23(5), 1407-1414.

Ahmed, M., Hassan, F., Asim, M., Aqeel Aslam, M., & Nasib, M. 2010. Correlatin of phototermal quotient with spring wheat yield. African Journal of Biotechnology, 9(49), 7869-7852.

Annikki, W., & Pavla, E. T. 2006. Molecular control of cold acclimation in trees. Physiologia Plantarum, 127, 167-181.

AOAC. 1995. Officinal method of analysis (16th), Arlington. VA., USA: AOAC.

Askary Kelestanie, A. R., Asadi, A., Gholi Mirfakhraii, R., & Abasi, A. R. 2016. Evaluation of some bread wheat genotypes in the reproductive stage under pattern chilling stress. Journal of Crop Breeding, 8(17), 77-86. [In Persian].

Atici, O., & Nalbantoglu, B. 2003. Antifreeze proteins in higher plants. Phytochemistry, 64, 1187-1196.

Ball, S., Qian, Y., & Stushnoff, C. 2002. Soluble carbohydrates in two buffalo grass cultivars with contrasting freezing tolerance. Journal of the American Society for Horticultural Science, 127(1), 45-49.
Behi, M. 2012. Evaluation of genetic variation of attributes associated with freezing tolerance in barley using molecular markers. MSc thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. 107 p. (In Persian with English abstract).
Breton, G., Danyaluk, J., Ouellet, F., & Sarhan, F. 2000. Biotechnological application of plant freezing associated proteins. Biotechnology Annual Review, 6, 57-82.
Cheong, B. E., Yu, D., Martinez-Seidel, F., Ho, W. W. H., Rupasinghe, T.W.T., Dolferus, R., & Roessner, U. 2022. The Effect of cold stress on the root-specific lipidome of two wheat varieties with contrasting cold tolerance. Plants, 11, 1364-1393.
Dorffling, K., Dorffling, H., & Luck, E. 2009. Improved frost tolerance and winter hardiness in proline overaccumulating winter wheat mutants obtained by in vitro-selection is associated with increased carbohydrate, soluble protein and abscisic acid (ABA) level. Euphytica, 165, 545-556.
Ehdaie, B., Hall, A. E., Farquhar, G. D., Ngvyens, H. T., & Waines, J. G. 1991. Water use efficiency and carbon isotope discrimination in wheat. Crop Science, 31, 1282-88.
Gholizadeh, A., Dehghani, H., Amini, A., & Akbarpour, O. A. 2018. Identification of salinity tolerant genotypes and study on relationships between yield and its components in bread wheat. Cereal Research, 8(3), 321-332. [In Persian].
Gizaw, Sh. A., Garland-Campbell, K., & Carter, A. H. 2016. Evaluation of agronomic traits and spectral reflectance in Pacific Northwest winter wheat under rain-fed and irrigated conditions. Field Crops Research, 196, 168-179.
Hajiboland, R., & Habibi, G. H. 2011. Contrastive responses of spring and winter wheat cultivars to chilling and acclimation treatments. Acta Agriculturae Slovenica, 97(3), 233-239.
Hossain, A., Skalicky, M., Brestic, M., Maitra, S., Ashraful Alam, M., Syed, M. A., Hossain, J., Sarkar, S., Saha, S., Bhadra, P., Shankar, T., Bhatt, R., Kumar, Chaki, A., Sabagh, E.L., & Islam, T. 2021. Consequences and mitigation strategies of abiotic stresses in wheat (Triticum aestivum L.) under the changing climate. Agronomy, 11, 241-274.
Javadi, H., Rashed Mohasel, M. H., Zamani, G. R., Azari Nasr Abadi, E., & Musavi, G. R. 2007. Effect of plant density on growth indices in four grain sorghum cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research, 4, 265-253. [In Persian].
Karimi, M. M., & Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research, 42(1), 13-20.
Kerepesi, I., Bányai-Stefanovits, E., & Galiba, G. 2004. Cold acclimation and abscisic acid induced alterations in carbohydrate content in calli of wheat genotypes differing in frost tolerance. Plant Physiology, 161, 131-133.
Kirby, E. J. M., Appleyard, M., & Fellowes, G. 1985. Variation in development of wheat and barley in response to sowing date and variety. Journal of Agricultural Science, 104, 383-396.
Kirby, E. J. M., Spink, J. H., Frost, D. L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Foulkes, M. J., Clare, R. W., & Evans, E. J. 1999. A study of wheat development in the field: analysis by phases. European Journal of Agronomy, 11, 63-82.
Kocheki, A. 2002. Crop Production in Dry Regions. Jahad Daneshgahy of Mashhad University, Mashhad, Iran. 202 p. [In Persian].
Koppensteinera, L. J., Kaula, H. P., Piephob, H. P., Bartac, N., Euteneuerd, P., Bernase, J., Klimek-Kopyraf, A., Gronauerc, A., & Neugschwandtnera, R. W. 2022. Yield and yield components of facultative wheat are affected by sowing time, nitrogen fertilization and environment. European Journal of Agronomy, 140, 126591.
Kranner, I., Beckett, R. P., Wornik, S., Zorn, M., & Pfeifhofer, H. W. 2002. Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant's status. Plant Journal, 31, 13-24.
McKersie, B. D., & Lesheim, Y. 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants. Springer Netherlands Publishers. 256 p.
Mirmohammadi Mobidi, S. A. M., & Torkesh Esfahani, S. 2004. Management of cold and freezing stresses of crops and orchards. Jahad Daneshgahy of Isfahan University of Technology (IUT), Isfahan, Iran. 330 p. [In Persian].
Nedjadsadeghi, L., Maali Amiri, R., Zeynali Kkanghah, H., Sadeghzadeh, B., & Ramezanpour, S. S. 2014. Evaluation of some cold-induced responses in bread and durum wheat plants. Modern Genetic Journal, 9(3), 353-362. [In Persian].

Nejadsadeghi, L., Maali-Amiri, R., & Zinali khangah, H. 2019. Comparison of carbohydrates and delta12 and delta15 genes expression in tetra and hexa ploid wheat under cold acclimation and cold stress. Journal of Plant Productions, 42(3), 387-400. [In Persian].

Rajabi, R., & Pourdad, S. S. 2011. A study on cold resistance in safflower varieties and lines by physiological and biochemical indices. Journal of Plant Productions, 33(2), 1-14. [In Persian]

Russelle, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A., & Power, J.F. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science, 24, 28–32.

Saeidi, M., Abdoli, M., & Elyasi, P. 2019. Cold tolerance evaluation in some bread wheat genotypes in seedling stage under laboratory conditions. Journal of Wheat Research, 2(1), 35-52. [In Persian].

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

Sasani, Sh., Tavakkol Afshari, R., & Mahfoozi, S. 2013. Low-temperature acclimation and the correlation of vernalization requirement with accumulation of some compatible solutes and physiological mechanisms in bread wheat. Iranian Journal of Field Crop Science, 44(2), 327-345. [In Persian].

Sasani, Sh., Tavakkol Afshari, R., Mahfoozi, S., & Tervasekis, B. 2012. The relationships among the vernalization response, carbohydrate accumulation, developmental stages and frost tolerance in bread wheat cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science, 43(2), 281-293. [In Persian].

Siosemardeh, A., Mohammadi, K., Roohi, E., Aghaalikhani, M., & Mokhtasi Bidgoli, A. 2010. Physiological responses of different wheat genotypes to cold stress. Journal of Crop Production, 2(4), 93-112. [In Persian].

Xu, H. G., Liu, G. J., Liu, G. T., Yan, B. F., Duan, W., & Wang L. J. 2014. Comparison of investigation methods of heat injury in grapevine (Vitis) and assessment to heat tolerance in different cultivars and species. BMC Plant Biology, 14, 156-163.

Yordanova, R. Y., & Popova, L. P. 2007. Effect of exogenous treatment with salicylic acid on photosynthetic activity and antioxidant capacity of chilled wheat plants. General and Applied Plant Physiology, 33(3-4), 155-170.

Zeinali, E., & Soltani, A. 2001. Detemination cardinal temperature in wheat. Research Report, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR), Gorgan, Iran. [In Persian]

Zobayed, S. M. A., Afreen, F., & Kozai, T. 2005. Temperature stress can alter the photosynthetic efficiency and secondary metabolite concentrations in St. John's Wort. Plant Physiology and Biochemistry, 43, 977-984.