



دانشگاه گیلان

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و هشتم، شماره اول، ۱۴۰۰

۱۸۵-۲۱۱

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2021.17735.2642

واکاوی عملکرد ارقام جدید گندم نان بر اساس شاخص‌های زراعی - اقلیمی تحت تاریخ کاشت‌های مختلف در گنبد کاوس

*حبیب‌اله سوقی^۱، منوچهر خدارحمی^۲، جبار جعفری‌بای^۱ و مهدی نظری^۳

^۱استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران،

^۲استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران،
^۳کارشناس بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵

چکیده

سابقه و هدف: تعیین تاریخ کاشت دقیق، ابزاری مناسب در کنترل طول دوره مراحل فنولوژیک به منظور بهینه‌سازی شرایط اقلیمی و به حداقل رساندن عوارض تنش گرما و خشکی انتهای فصل است. در شرایط تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی دستخوش تغییر می‌شوند. با پیش این شاخص‌ها می‌توان واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی را در مراحل فنولوژی گیاهی مورد ارزیابی قرار داد. هدف این پژوهش واکاوی عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان اقلیم گرم و مرطوب شمال در تاریخ کاشت‌های مختلف بر اساس شاخص‌های زراعی - اقلیمی در منطقه گنبد بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در دو سال زراعی (۱۳۹۶-۱۳۹۸) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. پنج تاریخ کاشت ۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی ماه در کرت‌های اصلی و چهار رقم بهاره گندم نان شامل احسان، تیرگان، معراج و کلاته در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در هر مرحله فنولوژیکی، شاخص‌های زراعی - اقلیمی شامل مجموع طول روز (DL)، فتوپریود (PPD)، مجموع درجه روزهای رشد (GDD)، مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU)، مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU)، مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های دوم (۲۵ آبان) و سوم (۱۰ آذر) تفاوت معنی‌داری با هم نداشت (به ترتیب ۵۷۰۸/۳ و ۵۶۲۶/۴ کیلوگرم در هکتار) و به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تاریخ‌های کاشت بود. طول دوره پر شدن دانه، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله در سه تاریخ کاشت ابتدایی تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. طی پر شدن دانه، تاریخ کاشت سوم بیش‌ترین مقادیر را از نظر شاخص‌های زراعی - اقلیمی شامل مجموع درجه روزهای رشد (GDD)، مجموع

* مسئول مکاتبه: hab3asog@gmail.com

طول روز (DL)، مجموع واحد حرارتی-نوری (PTU)، مجموع واحد حرارتی-رطوبتی (HYTU) را به خود اختصاص داد. در حالی که تاریخ کاشت دوم حداکثر کارایی مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) را دارا بود. عملکرد دانه رقم کلاته ۵۲۶۹/۸ کیلوگرم در هکتار) و تعداد سنبله در مترمربع این رقم (۳۳۰/۱۷) به طور معنی داری بیش تر از سایر ارقام بود.

نتیجه‌گیری: تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شرایط مطلوبی از نظر ارتفاع گیاه و مقاومت به خوابیدگی برای ارقام مختلف فراهم کرد. هم‌چنین دو تاریخ کاشت مذکور، شرایطی بهینه از نظر مجموع پارامترهای اقلیمی شامل دما، طول روز، رطوبت نسبی و کارایی مصرف انرژی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام مختلف فراهم نمودند. عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول به دلیل خوابیدگی شدید بوته‌ها و در تاریخ کاشت‌های چهارم و پنجم به دلیل مواجه شدن با تنش‌های گرما و خشکی انتهایی و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها عملکرد دانه کاهش یافت. طول دوره رشد رقم کلاته کم تر از سایر ارقام بود (بدون تفاوت در طول دوره پر شدن دانه) که باعث فرار گیاه از تنش‌های گرما و خشکی انتهایی، افزایش کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه نسبت به سایر ارقام شد. بنابراین رقم کلاته برای کشت در مناطق کم‌باران شمالی استان گلستان در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم مناسب و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم گرم و مرطوب، دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه، کارایی مصرف انرژی، گلدهی

مقدمه

گندم یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین محصولات کشاورزی جهان است که بیش‌ترین سطح زیر کشت را در سراسر جهان به خود اختصاص داده است (۱۶). در ایران نیز گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهم‌ترین محصول کشاورزی است و از نظر اقتصادی و امنیت غذایی مردم از اهمیت بسیاری برخوردار است (۱۷). بر اساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در استان گلستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، بیش از ۱/۳ میلیون تن گندم برداشت شده که از این نظر پس از استان خوزستان در رتبه دوم کشور قرار گرفته است (۲). طبق آمار معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، بین سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۱ در شهرستان گنبدکاووس به طور متوسط ۲۴۶/۵ هزار تن گندم برداشت شده است که بیش‌ترین میزان تولید در بین شهرستان‌های استان گلستان است (۳۷). اما نکته دارای اهمیت، میانگین پایین عملکرد در هکتار در این شهرستان است،

به طوری که گنبدکاووس با متوسط عملکرد ۲۴۸۷ کیلوگرم در هکتار جزو ضعیف‌ترین شهرستان‌ها به‌شمار می‌رود (۳۷). در بین عوامل محدودکننده‌ای که در سر راه تولید گندم در شهرستان گنبدکاووس وجود دارد، خشکی و گرمای انتهایی فصل یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد دانه در این منطقه است.

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های تحقیقاتی متخصصین علوم گیاهی است. افزایش گازهای گلخانه‌ای و اثرات دی‌اکسید کربن باعث تغییر دما و الگوی بارندگی (۲۱) و در نتیجه کاهش عملکرد طیف گسترده‌ای از گیاهان زراعی از جمله گندم شده است (۷ و ۳۳). تعیین تاریخ کاشت مناسب برای استفاده از شرایط بهینه ابزاری مهم در به حداقل رساندن عوارض تنش گرما و خشکی انتهایی فصل است (۵ و ۴۴). کشت‌های تاخیری از یک طرف باعث برخورد مرحله سبز شدن و توسعه برگ‌ها با سرمای زمستان و کندی رشد گیاه می‌شود و از طرف

جلال کمالی و همکاران (۲۵) با مطالعه تیپ‌های رشدی مختلف ارقام تجاری گندم نان ایران گزارش کردند که طول دوره و سهم هر یک از مراحل نمو و چرخه زندگی تیپ‌ها و ارقام مختلف متفاوت است به طوری که ارقام گندم اقلیم گرم و مرطوب نیاز حرارتی کم‌تری دارند. کاهش طول مراحل نموی گندم به علت رابطه مستقیم با دماهای بالاتر و تکمیل درجه روز رشد، در مطالعات پیشین گزارش شده است (۵ و ۴۱). وقوع تنش‌های گرما و خشکی انتهای فصل به علت تاریخ کاشت‌های تاخیری عامل کاهش تعداد سنبله بارور و وزن هزارانه در گندم گزارش شده است (۵). پژوهش‌های پیشین انجام شده بر اساس تأثیر دما بر فنولوژی، از طریق درجه روز رشد تجمعی در گندم بوده است (۶، ۲۶، ۳۰ و ۴۱). افزایش دما اثر قابل‌توجهی بر طول مراحل فنولوژی، تولید زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشته است (۶).

با توجه به تأثیر قابل‌توجه دما بر ویژگی‌های فنولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی، هدف این پژوهش واکاوی عملکرد دانه ارقام تجاری جدید گندم نان مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال در تاریخ کاشت‌های مختلف بر اساس شاخص‌های زراعی - اقلیمی در منطقه گنبدکاووس بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد واقع در ۵ کیلومتری شرق شهرستان گنبدکاووس با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی در طی دو سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸ به اجرا در آمد. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد شامل مجموع طول روز، بارش، مجموع ساعات آفتابی، میانگین رطوبت نسبی و میانگین و حداکثر دما در طی دو سال آزمایش به تفکیک ماه‌های آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

دیگر مراحل حساس دوره گلدهی و پر شدن دانه با تنش گرمای انتهای فصل مواجه شده و سبب کاهش شدید ماده خشک کل و دوره رویشی و زایشی می‌گردد (۴۴). تاریخ کاشت‌های زودهنگام نیز باعث می‌شود گیاه در طول دوره رویشی، درجه روز رشد بیش از حدی دریافت کند و در نتیجه گیاه دچار خوابیدگی شود و از این طریق بر عملکرد دانه تأثیر منفی می‌گذارد (۲۰).

شاخص‌های زراعی-اقلیمی شامل مجموع درجه روزهای رشد (GDD^۱)، مجموع طول روز (DL^۲)، فتوپریود (PPD^۳)، مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU^۴)، مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU^۵)، مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU^۶)، کارایی مصرف حرارت (HUE^۷)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE^۸)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE^۹) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE^{۱۰}) جهت بررسی فنولوژی گیاهان و ارتباط آن با عملکرد دانه مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱ و ۴۷). در شرایط تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز دستخوش تغییر می‌شوند و می‌توان با پایش این شاخص‌ها، واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی را در مراحل فنولوژی گیاهی مورد ارزیابی و بررسی قرار داد (۳۵). مراحل نموی با استفاده از درجه روز رشد و سایر پارامترهای مرتبط، دقیق‌تر از تقویم زمانی برآورد می‌شوند (۵۵). شاخص درجه روز رشد (GDD) بیانگر رابطه مستقیم درجه حرارت و طول مراحل فنولوژی گیاهان است (۱).

- 1- GDD: Growing Degree Days
- 2- DL: Day Length
- 3- Photoperiod
- 4- PTU: Photo-Thermal Unit
- 5- HTU: Helio-Thermal Unit
- 6- HYTU: Hydro-Thermal Unit
- 7- HUE: Heat Use Efficiency
- 8- HTUE: Helio-Thermal Use Efficiency
- 9- PTUE: Photo-Thermal Use Efficiency
- 10- HYTUE: Hydro-Thermal use efficiency

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در دو سال آزمایش (۹۸-۱۳۹۶) #.

Table 1. Meteorological statistics of Gonbad agricultural research station during two years of the experiment (2017-19) #.

ماه Month	مجموع طول روز (ساعت)	بارش (میلی‌متر)	مجموع ساعات آفتابی (ساعت)		میانگین رطوبت نسبی (درصد)		میانگین دما (°C)		میانگین حداکثر دما (°C)		
	Accumulated day length (hour)	Precipitation (mm)	Accumulated actual sunshine (hour)		Mean relative humidity (%)		Mean temperature (°C)		Mean maximum temperature (°C)		
	۹۶-۹۷, ۹۷-۹۸	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸	۹۶-۹۷	۹۷-۹۸
	2017-2018 2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019
آبان Oct23-Nov21	312.7	7.8	30.6	187.7	157.6	62	68	18.6	16.0	25.5	22.3
آذر Nov22-Dec21	291.0	45.4	63.7	159.3	120.6	73	79	10.5	12.3	16.4	17.0
دی Dec22-Jan20	291.4	65.8	81.2	131.7	149.1	76	74	10.3	10.4	16.1	15.9
بهمن Jan21-Feb19	314.1	72.4	152.3	113.2	165.1	78	78	9.0	9.7	13.5	15.2
اسفند Feb20-Mar20	335.7	33.9	167.1	97.7	190.4	80	71	12.8	12.3	18.0	19.4
فروردین Mar21-Apr20	396.2	33.4	51.2	144.2	133.3	79	81	20.5	15.5	14.6	20.7
اردیبهشت Apr21-May21	431.2	40.4	41.5	188.8	239.7	68	64	27.5	20.8	20.3	28.2
خرداد May22-Jun21	455.0	8.2	6.3	289.9	296.9	59	46	34.4	28.2	26.5	36.3

آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه هواشناسی گنبد است.

Meteorological statistics is related to Gonbad station.

قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و به مدت دو سال اجرا شد. تاریخ‌های مختلف کاشت در کرت اصلی و ارقام گندم در کرت فرعی قرار داده شدند. کشت هر رقم در این آزمایش در ۱۲ مترمربع (عرض ۱/۲ متر و طول ۱۰ متر) با استفاده از ماشین کاشت آزمایش‌های غلات وینترشتایگر انجام گرفت. میزان بذر در همه کرت‌ها بر اساس تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع بر مبنای وزن هزاردانه ارقام محاسبه شد.

مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش جدیدترین ارقام گندم معرفی شده اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور شامل چهار رقم گندم نان بهاره احسان، تیرگان، معراج و کلاته بودند. شجره ارقام در جدول ۲ ارائه شده است. ارقام مذکور در پنج تاریخ کاشت ۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی کشت شدند. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ماله بود. تاریخ کاشت مرسوم در منطقه اواسط آذر ماه است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در

جدول ۲- شجره و سال معرفی چهار رقم گندم نان مورد استفاده در این پژوهش.

Table 2. Pedigree and release year of four bread wheat cultivars used in this study.

رقم Cultivar	سال معرفی Year of release	شجره Pedigree
احسان Ehsan	1395 2016	SABUF/7/ALTAR 84/AE.SQUARROSA (224)//YACO/6/CROC_1/AE.SQUARROSA (205) /5/ BR12*3/4/IAS55*4/CI14123/3/IAS55*4/EG,AUS//IAS55*4/ALD
تیرگان Tirgan	1396 2017	PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR
معراج Meraj	1397 2018	PFAU/MILAN/3/SKAUZ/KS94U215//SKAUZ
کلاته Kalateh	1397 2018	MILAN/S87230//BABAX

در مرحله پنجه‌دهی صورت پذیرفت. در طول دوره رشد نسبت به اعمال توصیه‌های فنی زراعی به‌طور یکسان برای همه تیمارها اقدام شد. در طول دوره آزمایش از کاشت تا برداشت مراحل فنولوژی مانند ظهور سنبله (زادوکس ۵۵)، گلدهی (زادوکس ۶۵) و رسیدگی فیزیولوژیک (زادوکس ۹۰) یادداشت گردید. تعداد روز تا هر مرحله نمودی خاص بر اساس تعداد روز تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحله وارد شده بودند، در نظر گرفته می‌شد. درصد خوابیدگی ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۵).

میزان کودهای شیمیایی مصرفی براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (جدول ۳) تعیین گردید. تمامی کود فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل به‌صورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک به زمین داده شد. بر این اساس، کود سوپر فسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، گوگرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه گردید. کنترل شیمیایی علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ با اختلاط علف‌کش‌های گرانستار به نسبت ۲۰ گرم در هکتار و تاپیک یک لیتر در هکتار

$$(1) \quad 100 \times (90 / \text{زاویه خوابیدگی نسبت به حالت عمود} \times \text{سطح خوابیدگی کل کرت}) = \text{درصد خوابیدگی}$$

عملکرد زیست توده و وزن هزاردانه هر کرت با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت صد میلی‌گرم اندازه‌گیری شد.

در پایان فصل زراعی و پس از رسیدگی محصول، برداشت با استفاده از کمباین آزمایشی مدل وینتراشتایگر (اتریش) انجام شد و عملکرد دانه،

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد.

Table 3. Soil physical and chemical characteristics in Gonbad agricultural research station.

ویژگی Characteristic	مقدار Value
عمق (سانتی متر) Depth (cm)	0-30
درصد اشباع Saturation percentage	43.6
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	0.6
اسیدیته pH	7.8
کربن آلی (درصد) Organic matter (%)	1
فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Available Phosphorus (ppm)	13
پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Available Potassium (ppm)	458
رس (درصد) Clay (%)	35
لای (درصد) Silt (%)	43
ماسه (درصد) Sand (%)	22
بافت خاک Soil texture	رسی-لومی Clay-Loam

(HUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) محاسبه شدند (۱). محاسبه فتوپریود با استفاده از داده‌های مربوط به طول روز از مرحله سبز شدن تا آغاز گلدهی از طریق رابطه ۲ انجام شد (۶).

در هر مرحله فنولوژیکی، شاخص‌های زراعی - اقلیمی شامل مجموع طول روز (DL)، فتوپریود (PPD)، مجموع درجه روزهای رشد (GDD)، مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU)، مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU)، مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف حرارت

$$\text{Photoperiod} = 1 - 0.004 \times (20 - \text{day length})^2 \quad (2)$$

برای محاسبه مجموع درجه روزهای رشد از رابطه ۳ استفاده شد که دمای پایه برای گندم صفر و حداکثر دمای آستانه ۳۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۵ و ۱۰).

$$\text{GDD (degree-days)} = \sum(T_{\min} + T_{\max}) / 2 - T_{\text{base}} \quad (۳)$$

به‌منظور بررسی اثر متقابل طول دوره نوری و واحدهای حرارتی از شاخص‌های مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) و مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU)، استفاده شد که PTU حاصلضرب

GDD در ساعات آفتابی بالقوه (طول روز) و حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی واقعی می‌باشد (۱).

$$\text{PTU (degree-days hours)} = \sum(\text{GDD} \times \text{Day Length}) \quad (۴)$$

$$\text{HTU (degree-days hours)} = \sum(\text{GDD} \times \text{No: of Actual Sunny Hours}) \quad (۵)$$

مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU) از حاصلضرب GDD در میانگین رطوبت نسبی به‌دست آمد (۱).

$$\text{HYTU (degree-days percent)} = \sum(\text{GDD} \times \text{Av: \%RH}) \quad (۶)$$

شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی (رابطه‌های ۷-۱۰) شامل کارایی مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) از تقسیم عملکرد دانه بر مجموع واحدها، با توجه به شاخص مربوطه حاصل شد (۱).

$$\text{HUE (kg ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{Grain yield} / \text{Accumulated Heat Units} \quad (۷)$$

$$\text{PTUE (kg ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{Grain yield} / \text{Accumulated PTU} \quad (۸)$$

$$\text{HTUE (kg ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{Grain yield} / \text{Accumulated HTU} \quad (۹)$$

$$\text{HYTUE (kg ha}^{-1} \text{ degree-days}^{-1}) = \text{Grain yield} / \text{Accumulated HYTU} \quad (۱۰)$$

و سوم (۱۰ آذر، ۵۶۲۶/۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشت ولی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تاریخ‌های کاشت بود. تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله، در سه تاریخ کاشت اول با هم تفاوت معنی‌دار آماری نداشت هر چند در تاریخ کاشت اول بیش‌تر از سایر تاریخ کاشت‌ها بود (جدول ۵). کاهش تعداد سنبله بارور و وزن هزاردانه در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام به‌علت گرم بودن و خشکی هوا و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه است (۵ و ۲۶) به‌طوری‌که در طول دوره پر شدن دانه حداقل، حداکثر و میانگین دما با توجه به‌ترتیب تاریخ کاشت افزایش یافت و از طرف مقابل رطوبت نسبی به‌ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافت (جدول ۶). کاهش طول مرحله طویل شدن ساقه در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام نیز از عوامل دیگری است که در ارتباط با کاهش تعداد سنبله بارور گزارش شده است (۵۰).

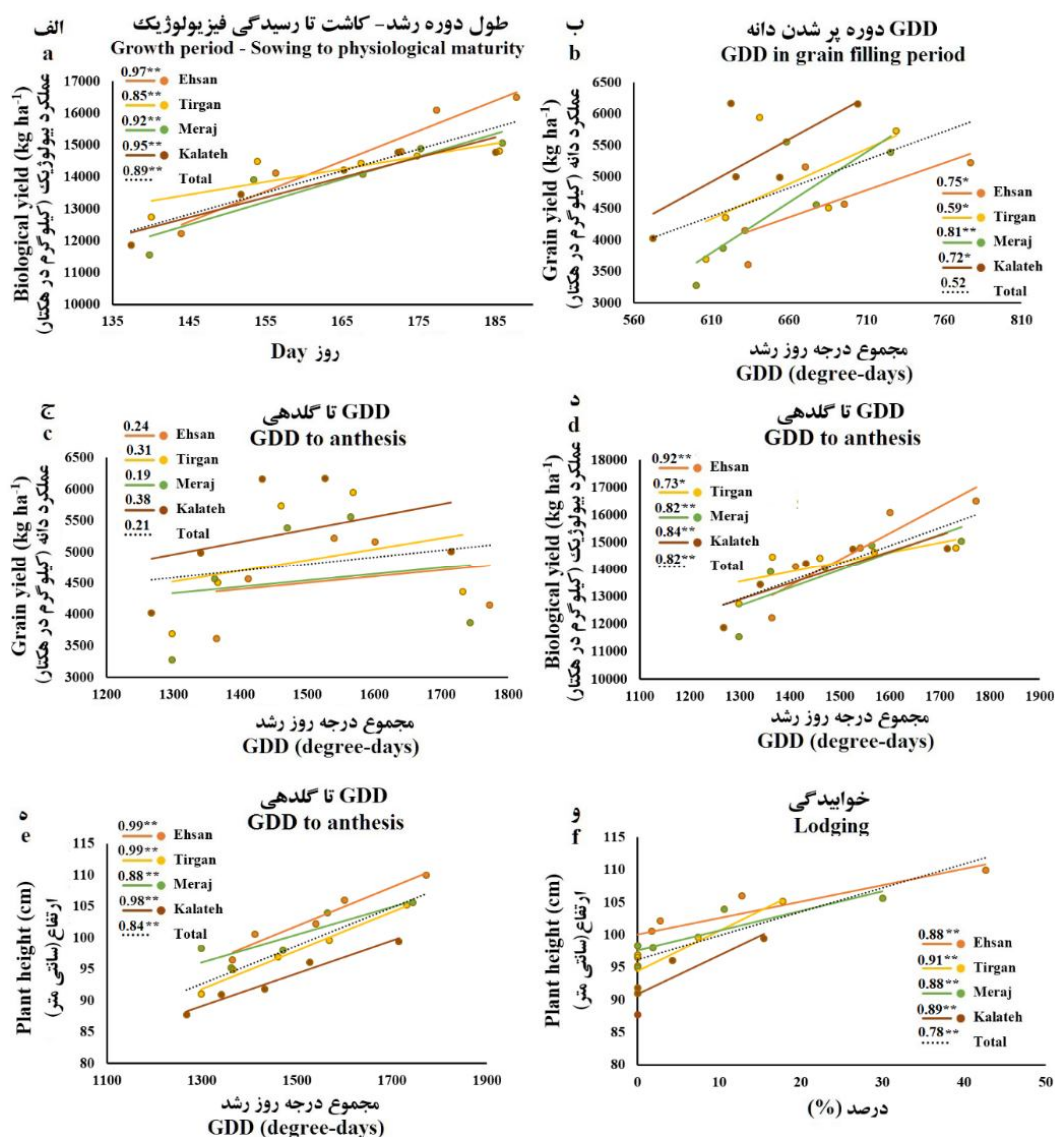
دماهای بالا اثر منفی روی عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و برخی اجزای عملکرد می‌گذارد (۱۴ و ۳۸). عملکرد زیست‌توده ارتباط مستقیمی با طول دوره رشد دارد و درجه حرارت مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توسعه و رشد گیاهان در طول فصل رشد است (۹ و ۳۱) به همین دلیل میزان عملکرد زیست‌توده به‌ترتیب تاریخ‌های کاشت کاهش یافت (جدول ۵) و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زیست‌توده و طول دوره رشد گندم مشاهده شد (شکل ۱ الف).

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.3 (۴۲) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر عملکرد دانه و عملکرد زیست توده در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر سال بر اجزای عملکرد (به‌جز تعداد دانه در سنبله) و ارتفاع گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سال اول به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سال دوم بود در حالی‌که به‌صورت عکس در سال دوم عملکرد زیست توده، طول سنبله و ارتفاع گیاه بیش‌تر از سال اول بود (جدول ۵). نکته قابل‌توجه این بود که در سال اول تعداد سنبلچه در سنبله به‌طور معنی‌دار بیش‌تر بود اما تعداد دانه در سنبله در دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشت که نشان‌دهنده این است که در سال اول آزمایش، تعداد سنبلچه‌های نابارور به‌دلیل وقوع دماهای بالاتر و رطوبت نسبی پایین‌تر در فروردین ۱۳۹۷ (مصادف با ظهور سنبله و گلدهی) بیش‌تر بود (جدول ۱).

اثر تاریخ کاشت بر عملکرد زیست توده، عملکرد دانه، اجزای عملکرد و ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های دوم (۲۵ آبان، ۵۷۰۸/۳ کیلوگرم در هکتار)



شکل ۱- همبستگی بین برخی از صفات. طول دوره رشد و عملکرد زیست توده (الف)، مجموع درجه روز رشد در دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه (ب)، مجموع درجه روز رشد تا گلدهی و عملکرد دانه (ج)، مجموع درجه روز رشد تا گلدهی و عملکرد زیست توده (د)، مجموع درجه روز رشد تا گلدهی و ارتفاع گیاه (ه) و خوابیدگی و ارتفاع گیاه (و).

Fig. 1. Relationship between some of the traits. Growth period and biological yield (a), GDD in grain filling and grain yield (b), growing degree days (GDD) to anthesis and grain yield (c), GDD to anthesis and biological yield (d), GDD to anthesis and plant height (e), lodging and plant height (f).

عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع را داشت و به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر ارقام بود (جدول ۵). از آن‌جایی‌که رقم کلاته زودرس‌تر از سایر ارقام بود (جدول ۷)، گلدهی در آن در دماهای ملایمی‌تری اتفاق افتاده است (جدول ۶)، بنابراین بیش‌تر بودن

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که ارقام گندم برای عملکرد دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، طول سنبله و ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم کلاته بیش‌ترین

پنجه‌های بارور و افزایش تعداد سنبله در مترمربع در آن دور از ذهن نبود.

تغییر اقلیم و گرم‌تر شدن کره زمین باعث تغییر و تسریع در مراحل فنولوژی گیاهان و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان شده است (۷ و ۵۶). توانایی کنترل طول دوره مراحل فنولوژیک برای سازگاری با شرایط محیطی خاص و تعیین راهبردهای به‌نژادی بر اساس آن‌ها بسیار مهم است (۲۲ و ۴۳). در استان گلستان دوره پر شدن دانه در فروردین و اردیبهشت اتفاق می‌افتد. مقایسه پارامترهای اقلیمی دو ساله آزمایش و آمارهای بلندمدت (۲۶ ساله) ایستگاه هواشناسی گنبد نشان می‌دهد که در فروردین دو سال آزمایش، میانگین حداقل، میانگین حداکثر و میانگین درجه حرارت هوا به ترتیب ۱، ۵/۰ و ۸/۰ درجه سانتیگراد افزایش یافت. در اردیبهشت دو سال آزمایش نیز افزایش میانگین حداکثر و میانگین درجه حرارت هوا به ترتیب ۳/۱ و ۴/۰ درجه سانتیگراد بود. هم‌چنین میانگین رطوبت نسبی در فروردین افزایش و در اردیبهشت کاهش نشان داد (جدول ۹). گزارش شده است که افزایش یک درجه سانتیگراد دما در جهان موجب کاهش ۴-۶٪ درصد عملکرد گندم می‌شود (۳۲).

بیش‌ترین و کم‌ترین طول دوره فنولوژیک به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت پنجم بود. دو ماه تفاوت بین دو تاریخ کاشت اول و پنجم منجر به کاهش طول دوره‌های فنولوژیکی گیاه در مراحل مختلف شد، به طوری که تعداد روز تا ظهور سنبله ۳۴/۰۴ روز، گلدهی ۳۶/۸۹ روز و رسیدگی فیزیولوژیک ۴۵/۷۴ روز کاهش یافت (جدول ۷). کاهش طول دوره رشد به دلیل وجود درجه حرارت‌های بالا در تاریخ کاشت‌های پایانی است (۷). تفاوت در مراحل فنولوژی به دلیل تنوع در پارامترهای

اقلیمی در تاریخ‌های کاشت متفاوت است (۳). کاهش تعداد روز تا رسیدگی و سایر مراحل فنولوژیک گندم به علت رابطه مستقیم با دماهای بالاتر در مطالعات متعددی گزارش شده است (۵، ۶، ۴۰ و ۴۱). بنابراین کاهش عملکرد به دلیل تغییرات درجه حرارت در تاریخ کاشت‌های تاخیری به واسطه کاهش طول مراحل نمو در گندم قابل انتظار است (۴۵). تنظیم تاریخ کاشت برای به حداقل رساندن اثرات تنش خشکی و گرما انتهایی عامل بسیار مؤثر در حفظ عملکرد است (۵۳ و ۵۴). کنترل فنولوژی گیاه از طریق تاریخ کاشت به منظور فراهم کردن شرایط بهینه در دوره پر شدن دانه و تقسیم‌بندی مواد پرورده بسیار دارای اهمیت است (۳۹).

نتایج نشان داد که سه تاریخ کاشت ابتدایی از نظر طول دوره پر شدن دانه در ارقام گندم با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ بنابراین با وجود تفاوت یک ماهه بین تاریخ کاشت اول و سوم، طول دوره پر شدن دانه تحت تأثیر قرار نگرفت در حالی که در دو تاریخ کاشت پایانی به دلیل افزایش دما و کاهش رطوبت طول دوره پر شدن دانه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول‌های ۶ و ۷). نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (۲۹) نشان داد که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه حرارت باعث ۲۶ روز کاهش در طول دوره رشد گندم در شرایط مشهد شده است و کاهش طول دوره رشد گندم عمدتاً ناشی از کاهش طول دوره کاشت تا گلدهی بوده و مرحله پر شدن دانه کم‌تر تحت تأثیر تغییر اقلیم و شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر نیز در همه تاریخ‌های کاشت از نظر طول دوره از کاشت تا گلدهی با هم تفاوت معنی‌داری آماری داشتند در حالی که سه تاریخ کاشت اول در طول دوره پر شدن دانه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۷).

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب (مجموع مربعات) عملکرد، اجزای عملکرد دانه و ارتفاع بوته ارقام گندم نان در تاریخ کاشت‌های مختلف در دو فصل زراعی (۹۸-۱۳۹۶).

Table 4. Combined analysis of variance for grain yield, yield components and plant height in bread wheat cultivars in different sowing dates in two cropping seasons (2017-19).

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد زیست توده Biological yield	تعداد سنبله در مترمربع Spike m ⁻²	تعداد سنبله در سنبله Spikelet spike ⁻¹	تعداد دانه در سنبله Grain spike ⁻¹	وزن هزارانه 1000- Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	طول سنبله Spike length	شاخص برداشت Harvest index	ارتفاع بوته Plant height
سال Year (Y)	1	29383959.3*	8628.9**	756.9**	49.5 ^{ns}	620.1**	4864365.0*	74.4**	971.3**	5405.6**
خطای ۱ Error1	6	2548027.4	447.3	3.9	35.4	2.4	382419.1	0.14	54.7	13.6
تاریخ کاشت Sowing Date (SD)	4	51822012.8**	5933.6*	110.1**	105.3*	290.5**	24444955.4**	7.24**	760.7**	323.3**
سال × تاریخ کاشت Y×SD	4	29383959.31*	25869.5*	102.23**	101.2*	58.6**	4286011.5**	2.58**	182.6**	34.6*
خطای ۲ Error2	24	2370946.0	1783.3	7.7	27.7	5.2	562556.7	0.44	46.4	9.4
رقم Cultivar (C)	3	7135431.0 ^{ns}	3568.9*	1.77 ^{ns}	1544.1**	335.6**	4829884.9**	18.18**	362.4**	631.4**
تاریخ کاشت × رقم SD×C	12	1545571.0 ^{ns}	1512.2 ^{ns}	5.3 ^{ns}	15.1 ^{ns}	10.3 ^{ns}	286888.0 ^{ns}	0.53 ^{ns}	28.5 ^{ns}	14.79 ^{ns}
سال × رقم Y×C	3	869471.8**	5573.2**	15.9 ^{ns}	83.9*	5.5 ^{ns}	884095.3 ^{ns}	3.63**	27.9 ^{ns}	77.5**
سال × تاریخ کاشت × رقم Y×SD×C	12	1893116.0 ^{ns}	1524.3 ^{ns}	4.3 ^{ns}	69.9*	9.5 ^{ns}	353315.1 ^{ns}	0.42 ^{ns}	21.3 ^{ns}	15.6 ^{ns}
خطای ۳ Error3	90	2265347.8	1199.3	6.7	24.1	6.1	396853.7	0.37	34.4	11.0
ضریب تغییرات (درصد) CV%		10.6	10.9	13.4	12.97	5.5	13.13	6.5	17.1	3.3

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

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر فصل زراعی، تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع بوته چهار رقم گندم نان.

Table 5. Mean comparison for effect of cropping season, sowing date and cultivar on grain yield, yield components and plant height in four bread wheat cultivars.

	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)	تعداد سنبله در مترمربع Spike m ⁻²	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet spike ⁻¹	تعداد دانه در سنبله Grain spike ⁻¹	وزن هزاردانه (گرم) 1000- Grain weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha ⁻¹)	طول سنبله (سانتی‌متر) Spike length (cm)	شاخص برداشت (%) Harvest index (%)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
Cropping season فصل زراعی									
۱۳۹۷-۱۳۹۶ 2017-2018	13741.7 ^b	323.95 ^a	21.36 ^a	37.28 ^a	46.11 ^a	4971.83 ^a	8.70 ^b	36.68 ^a	93.23 ^b
۱۳۹۸-۱۳۹۷ 2018-2019	14598.8 ^a	309.26 ^b	17.01 ^b	38.40 ^a	42.17 ^b	4623.10 ^b	10.10 ^a	31.75 ^b	103.76 ^a
Sowing date تاریخ کاشت									
تاریخ کاشت اول SD1	15285.4 ^a	329.00 ^a	20.53 ^a	39.16 ^a	47.31 ^a	4344.9 ^b	9.93 ^a	28.78 ^c	105.04 ^a
تاریخ کاشت دوم SD2	15098.5 ^{ab}	325.03 ^a	21.15 ^a	38.69 ^a	47.31 ^a	5708.3 ^a	9.84 ^a	38.47 ^a	101.39 ^b
تاریخ کاشت سوم SD3	14376.5 ^{bc}	322.44 ^a	19.68 ^a	38.22 ^a	42.78 ^b	5626.4 ^a	9.28 ^b	39.90 ^a	97.24 ^c
تاریخ کاشت چهارم SD4	13993.8 ^c	311.28 ^b	17.81 ^b	34.66 ^b	42.66 ^b	4656.7 ^b	9.15 ^{bc}	33.56 ^b	95.43 ^{cd}
تاریخ کاشت پنجم SD5	12096.9 ^d	295.28 ^c	16.75 ^b	38.50 ^a	40.66 ^c	3651.1 ^c	8.81 ^c	30.37 ^{bc}	93.39 ^d
Cultivar رقم									
احسان Ehsan	14746.3 ^a	308.87 ^b	18.87 ^a	32.87 ^b	47.55 ^a	4542.8 ^c	10.24 ^a	31.00 ^c	103.05 ^a
تیرگان Tirgan	14222.5 ^{ab}	315.52 ^b	19.25 ^a	32.07 ^b	45.45 ^b	4847.7 ^b	9.45 ^b	34.45 ^b	97.52 ^b
معراج Meraj	13895.8 ^b	311.85 ^b	19.32 ^a	43.52 ^a	40.72 ^d	4529.6 ^c	8.60 ^c	32.85 ^{bc}	100.22 ^{ab}
کلاته Kalateh	13816.3 ^b	330.17 ^a	19.30 ^a	42.90 ^a	42.85 ^c	5269.8 ^a	9.34 ^b	38.27 ^a	93.21 ^c

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان)، تاریخ کاشت دوم (۲۵ آبان)، تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر)، تاریخ کاشت چهارم (۲۵ آذر) و تاریخ کاشت پنجم (۱۰ دی). Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's multiple range test. SD1 (01 November), SD2 (16 November), SD3 (01 December), SD4 (16 December) and SD5 (31 December).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و رقم بر دما و رطوبت نسبی طی دوره پر شدن دانه چهار رقم گندم نان.

Table 6. Mean comparison for effect of sowing date and cultivar on temperature and relative humidity during grain filling period in four bread wheat cultivars.

تاریخ کاشت Sowing Date	میانگین حداقل درجه حرارت (°C)	میانگین حداکثر درجه حرارت (°C)	میانگین درجه حرارت (°C)	میانگین حداقل رطوبت نسبی (%)	میانگین حداکثر رطوبت نسبی (%)	میانگین رطوبت نسبی (%)
رقم Cultivar	Mean minimum temperature (°C)	Mean maximum temperature (°C)	Mean temperature (°C)	Mean minimum relative humidity (%)	Mean maximum relative humidity (%)	Mean relative humidity (%)
تاریخ کاشت اول SD1	10.19 ^e	22.04 ^e	15.97 ^e	55.53 ^a	95.75 ^a	75.64 ^a
تاریخ کاشت دوم SD2	10.83 ^d	23.23 ^d	16.79 ^d	53.46 ^b	95.19 ^a	74.32 ^b
تاریخ کاشت سوم SD3	12.11 ^c	25.67 ^c	18.59 ^c	48.57 ^c	93.77 ^b	71.17 ^c
تاریخ کاشت چهارم SD4	12.43 ^b	26.44	19.07 ^b	46.14 ^d	92.61 ^c	69.37 ^d
تاریخ کاشت پنجم SD5	12.88 ^a	27.85 ^{ab}	19.92 ^a	42.54 ^e	91.77 ^d	67.16 ^e
احسان Ehsan	12.34 ^a	26.36 ^a	19.02 ^a	46.21 ^c	92.56 ^b	69.38 ^c
تیرگان Tirgan	11.56 ^b	24.85 ^b	17.90 ^b	49.68 ^b	94.09 ^a	71.88 ^b
معراج Meraj	11.58 ^b	24.87 ^b	17.92 ^b	49.57 ^b	94.04 ^a	71.81 ^b
کلاته Kalateh	11.27 ^c	24.11 ^c	17.42 ^c	51.52 ^a	94.59 ^a	73.06 ^a

میانگین‌هایی، در هر ستون برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان)، تاریخ کاشت دوم (۲۵ آبان)، تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر)، تاریخ کاشت چهارم (۲۵ آذر) و تاریخ کاشت پنجم (۱۰ دی).

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significant different at the 5% probability level-using Duncan's multiple range test. SD1 (01 November), SD2 (16 November), SD3 (01 December), SD4 (16 December) and SD5 (31 December).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و رقم بر طول زمان و طول مراحل فنولوژی چهار رقم گندم نان.

Table 7. Mean comparison for effect of sowing date and cultivar on period time and day length of phenological stages in four bread wheat cultivars.

تاریخ کاشت Sowing Date	زمان (روز) Time (day)				طول روز (ساعت) DL (h)			
	ظهور سنبله Heading (55)#	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological Maturity (90)	پر شدن دانه Grain filling (65-90)	ظهور سنبله Heading (55)	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological Maturity (90)	پر شدن دانه Grain filling (65-90)
رقم Cultivar								
تاریخ کاشت اول SD1	141.94 ^a	147.36 ^a	186.08 ^a	38.72 ^a	1471.52 ^a	1537.90 ^a	2049.24 ^a	511.34 ^b
تاریخ کاشت دوم SD2	132.09 ^b	136.78 ^b	174.94 ^b	38.16 ^a	1379.57 ^b	1434.43 ^b	1943.70 ^b	509.26 ^b
تاریخ کاشت سوم SD3	125.44 ^c	129.41 ^c	168.29 ^c	38.87 ^a	1335.81 ^c	1392.14 ^c	1923.08 ^c	530.95 ^a
تاریخ کاشت چهارم SD4	115.34 ^d	118.48 ^d	153.88 ^d	35.41 ^c	1254.05 ^d	1298.06 ^d	1784.36 ^d	486.30 ^c
تاریخ کاشت پنجم SD5	107.90 ^e	110.47 ^e	140.34 ^e	29.87 ^d	1205.49 ^e	1242.58 ^e	1657.24 ^e	414.66 ^e
احسان Ehsan	127.00 ^a	131.56 ^a	171.65 ^a	36.07 ^a	1361.26 ^a	1420.84 ^a	1913.24 ^a	492.04 ^a
تیرگان Tirgan	124.00 ^b	128.21 ^b	167.67 ^c	36.32 ^a	1322.15 ^b	1375.25 ^b	1866.96 ^b	491.71 ^a
معراج Meraj	124.15 ^b	128.05 ^b	168.72 ^b	36.35 ^a	1324.01 ^b	1377.14 ^b	1868.00 ^b	490.86 ^a
کلاته Kalateh	123.02 ^c	126.18 ^c	165.40 ^d	36.17 ^a	1309.74 ^c	1350.86 ^c	1837.90 ^c	487.04 ^a

میانگین‌هایی، در هر ستون برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

شاخص رشد زادوکس.

تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان)، تاریخ کاشت دوم (۲۵ آبان)، تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر)، تاریخ کاشت چهارم (۲۵ آذر) و تاریخ کاشت پنجم (۱۰ دی).

Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significant different at the 5% probability level-using Duncan's multiple range test. # Zadoks growth scale. SD1 (01 November), SD2 (16 November), SD3 (01 December), SD4 (16 December) and SD5 (31 December).

جدول ۸- مقایسه میانگین شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مراحل فنولوژی رشد و دوره پر شدن دانه چهار رقم گندم نان.

Table 8. Mean comparison of the agro-climatic indices at phenological stages and grain filling period in four bread wheat cultivars.

تاریخ کاشت Sowing Date	درجه روزهای رشد GDD (degree-days)				کارایی مصرف حرارت HUE (kg ha ⁻¹ degree-days ⁻¹)			
	ظهور سنبله Heading (55)#	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological Maturity (90)	پر شدن دانه Grain filling (65-90)	ظهور سنبله Headin g (55)	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological Maturity (90)	پر شدن دانه Grain filling (65-90)
رقم Cultivar								
تاریخ کاشت اول SD1	1660.87 ^a	1740.46 ^a	2363.93 ^a	623.47 ^d	2.62 ^c	2.50 ^d	1.85 ^c	7.05 ^c
تاریخ کاشت دوم SD2	1500.15 ^b	1564.92 ^b	2213.01 ^b	648.08 ^c	3.81 ^{ab}	3.65 ^{ab}	2.59 ^a	8.88 ^a
تاریخ کاشت سوم SD3	1410.92 ^c	1475.84 ^c	2209.82 ^b	733.98 ^a	3.99 ^a	3.82 ^a	2.55 ^a	7.69 ^b
تاریخ کاشت چهارم SD4	1312.81 ^d	1369.90 ^d	2048.09 ^c	678.19 ^b	3.55 ^b	3.402 ^b	2.27 ^b	6.89 ^c
تاریخ کاشت پنجم SD5	1269.87 ^e	1306.89 ^e	1910.00 ^d	603.11 ^e	2.88 ^c	2.81 ^c	1.91 ^c	6.30 ^d
احسان Ehsan	1467.74 ^a	1537.86 ^a	2219.49 ^a	681.63 ^a	3.11 ^c	2.97 ^c	2.05 ^a	6.73 ^c
تیرگان Tirgan	1423.10 ^b	1484.87 ^b	2141.12 ^b	656.25 ^b	3.42 ^b	3.28 ^b	2.26 ^b	7.47 ^b
معراج Meraj	1424.57 ^b	1487.40 ^b	2143.20 ^b	655.79 ^b	3.20 ^c	3.07 ^c	2.10 ^c	6.92 ^c
کلاته Kalateh	1408.30 ^c	1456.28 ^c	2092.07 ^c	635.79 ^c	3.76 ^a	3.64 ^a	2.51 ^a	8.34 ^a
	PTU (degree-days hours) واحدهای حرارتی-نوری				کارایی مصرف حرارتی-نوری PTUE (kg ha ⁻¹ degree-days ⁻¹)			
تاریخ کاشت اول SD1	17297.73 ^a	18280.76 ^a	26546.0 ^a	8265.3 ^d	0.25 ^c	0.23 ^c	0.16 ^c	0.53 ^{bc}
تاریخ کاشت دوم SD2	15773.59 ^b	16585.76 ^b	25274.2 ^c	8688.4 ^c	0.36 ^a	0.34 ^a	0.22 ^a	0.66 ^a
تاریخ کاشت سوم SD3	15205.12 ^c	16040.89 ^c	26111.8 ^b	10070.9 ^a	0.37 ^a	0.35 ^a	0.21 ^a	0.56 ^b
تاریخ کاشت چهارم SD4	14493.69 ^d	15238.37 ^d	24593.5 ^d	9355.1 ^b	0.32 ^b	0.30 ^b	0.18 ^b	0.50 ^c
تاریخ کاشت پنجم SD5	14531.57 ^d	15010.99 ^e	23412.4 ^e	8401.4 ^d	0.25 ^c	0.24 ^c	0.15 ^c	0.45 ^d
احسان Ehsan	15932.68 ^a	16832.56 ^a	26191.21 ^a	9358.66 ^a	0.26 ^c	0.27 ^c	0.17 ^c	0.49 ^c
تیرگان Tirgan	15359.81 ^b	16174.60 ^b	25075.14 ^b	8932.46 ^b	0.32 ^b	0.30 ^b	0.19 ^b	0.55 ^b
معراج Meraj	15378.11 ^b	16142.68 ^b	25104.10 ^b	8929.50 ^b	0.30 ^c	0.28 ^c	0.17 ^c	0.51 ^c
کلاته Kalateh	15170.76 ^c	15775.57 ^c	24379.83 ^c	8604.26	0.35 ^a	0.34 ^a	0.22 ^a	0.62 ^a

ادامه جدول ۸-

Continue Table 8.

	HTU (degree-days hours) واحدهای حرارتی-آفتابی				HTUE (kg ha ⁻¹ degree-days ⁻¹) کارایی مصرف حرارتی-آفتابی			
تاریخ کاشت اول SD1	8430.82 ^a	8769.53 ^a	12292.64 ^a	3523.11 ^d	0.51 ^d	0.49 ^d	0.35 ^c	1.24 ^b
تاریخ کاشت دوم SD2	7501.94 ^b	7841.17 ^b	11643.54 ^c	3802.37 ^c	0.77 ^b	0.74 ^b	0.50 ^a	1.53 ^a
تاریخ کاشت سوم SD3	6832.59 ^c	7086.24 ^c	11855.82 ^b	4769.57 ^a	0.84 ^a	0.81 ^a	0.48 ^a	1.21 ^b
تاریخ کاشت چهارم SD4	6393.54 ^d	6699.87 ^d	11195.77 ^d	4495.90 ^b	0.74 ^b	0.71 ^b	0.42 ^b	1.05 ^c
تاریخ کاشت پنجم SD5	6245.75 ^e	6366.12 ^e	10885.63 ^e	4519.51 ^b	0.61 ^c	0.60 ^c	0.34 ^c	0.84 ^d
احسان Ehsan	7283.94 ^a	7563.21 ^a	12229.18 ^a	4665.97 ^a	0.64 ^c	0.61 ^c	0.37 ^c	1.00 ^d
تیرگان Tirgan	7046.36 ^b	7315.91 ^b	11498.79 ^b	4182.88 ^b	0.70 ^b	0.68 ^b	0.42 ^b	1.19 ^b
معراج Meraj	7020.88 ^c	7339.74 ^b	11523.99 ^b	4184.26 ^b	0.67 ^{bc}	0.63 ^{bc}	0.40 ^c	1.10 ^c
کلاته Kalateh	6972.54 ^d	7191.48 ^c	11046.76 ^c	3855.28 ^c	0.78 ^a	0.75 ^a	0.48 ^a	1.40 ^a
	HYTU (degree-days percent) واحدهای حرارتی-رطوبتی				HYTUE (kg ha ⁻¹ degree-days ⁻¹) کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی			
تاریخ کاشت اول SD1	120448.3 ^a	126759.9 ^a	173097.0 ^a	46337.1 ^c	0.036 ^c	0.037 ^c	0.025 ^c	0.095 ^c
تاریخ کاشت دوم SD2	109742.8 ^b	114926.9 ^b	162222.9 ^b	47296.0 ^b	0.052 ^a	0.050 ^a	0.035 ^a	0.121 ^a
تاریخ کاشت سوم SD3	105642.0 ^c	110867.3 ^c	161903.0 ^b	51035.7 ^a	0.053 ^a	0.051 ^a	0.034 ^a	0.110 ^b
تاریخ کاشت چهارم SD4	98737.2 ^d	103113.3 ^d	149732.2 ^c	46618.9 ^{bc}	0.047 ^b	0.045 ^b	0.031 ^b	0.100 ^c
تاریخ کاشت پنجم SD5	95864.6 ^e	98752.7 ^c	138460.6 ^d	39707.9 ^d	0.038 ^c	0.037 ^c	0.026 ^c	0.095 ^c
احسان Ehsan	108920.5 ^a	114463.7 ^a	161244.2 ^a	46780.5 ^a	0.042 ^c	0.040 ^c	0.028 ^c	0.097 ^c
تیرگان Tirgan	105475.2 ^b	110396.6 ^b	156645.4 ^b	46248.9 ^{ab}	0.046 ^b	0.044 ^b	0.031 ^b	0.105 ^b
معراج Meraj	105624.5 ^b	110592.5 ^b	156716.9 ^b	46124.3 ^{ab}	0.043 ^c	0.041 ^c	0.029 ^c	0.098 ^c
کلاته Kalateh	104327.7 ^c	108083.3 ^c	153726.0 ^c	45642.7 ^b	0.051 ^a	0.049 ^a	0.034 ^a	0.116 ^a

میانگین‌هایی، در هر ستون برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند. # شاخص رشد زادوکس.

§ تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان)، تاریخ کاشت دوم (۲۵ آبان)، تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر)، تاریخ کاشت چهارم (۲۵ آذر) و تاریخ کاشت پنجم (۱۰ دی). Means, in each column for each factor, followed by at least one letter in common are not significant different at the 5% probability level-using Duncan's multiple range test. # Zadoks growth scale. SD1 (01 November), SD2 (16 November), SD3 (01 December), SD4 (16 December) and SD5 (31 December).

جدول ۹- مقایسه میانگین پارامترهای اقلیمی طی دو سال آزمایش با میانگین بلند مدت در فروردین و اردیبهشت.

Table 9. Mean comparison of the climate parameters during two years of experiment with long-term average in Mar21-Apr20 and Apr21-May21.

پارامتر parameter	میانگین بلندمدت (۲۶ سال) Long-term average (26 years)		میانگین آزمایش (دو سال) Average experiment (2 years)	
	فروردین Mar21-Apr20	اردیبهشت Apr21-May21	فروردین Mar21-Apr20	اردیبهشت Apr21- May21
	میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Mean minimum temperature (°C)	8.8	13.8	9.8
میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Average maximum temperature (°C)	20.9	26.6	21.4	27.9
میانگین درجه دما (درجه سانتی‌گراد) Mean temperature (°C)	14.8	20.2	15.6	20.6
میانگین حداقل رطوبت نسبی (%) Mean minimum relative humidity (%)	56.6	50.3	58.5	43.5
میانگین حداکثر رطوبت نسبی (%) Mean maximum relative humidity (%)	91.8	89.1	95.5	92.5
میانگین رطوبت نسبی (%) Mean relative humidity (%)	74.2	69.7	77.0	67.5
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	52.1	40.0	46.3	41.0
تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)	75.6	120.9	71.1	124.5

اطلاعات مربوط به ایستگاه هواشناسی گنبد از بدو تاسیس (۱۳۷۱).

Meteorological data for Gonbad weather station from its inception (1992).

مراحل مختلف نمو بر عملکرد دانه یکسان نبود و این متغیر همبستگی معنی‌داری (مثبت و منفی) با عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت.

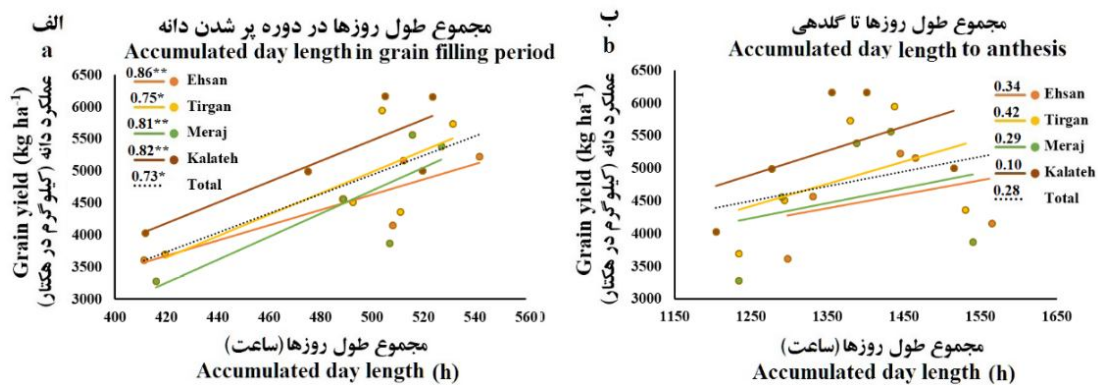
از نظر مجموع درجه روزهای رشد (GDD) در مراحل ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، تاریخ کاشت اول به‌طور معنی‌داری بالاترین مقدار را داشت. در دوره پر شدن دانه نیز بیش‌ترین مجموع درجه روزهای رشد (GDD) در تاریخ کاشت‌های سوم ملاحظه شد که به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۸).

گیاهان زراعی برای رشد و نمو و رسیدن به هر یک از مراحل فنولوژی باید مقدار معینی گرما دریافت کنند (۱). توانایی پیش‌بینی مراحل فنولوژی باعث کنترل و مدیریت بهتر آفات، علف‌های هرز و انتخاب راهبردهای مناسب به‌نژادی خواهد شد (۳۴). جلال کمالی و همکاران (۲۵) و جلال کمالی و شریفی (۲۴) با مطالعه تیپ‌های مختلف (زمستانه، بینابین و بهاره) ارقام تجاری گندم نان ایران در شرایط آب و هوایی کرج گزارش کردند که طول دوره و سهم هر یک از مراحل نمو و چرخه زندگی تیپ‌ها و ارقام مختلف گندم ایرانی متفاوت است. در این مطالعه، اثر طول

سایر ارقام گندم تجاری نان ایران از اقلیم‌های دیگر شامل اقلیم‌های سرد و معتدل سرد، معتدل و گرم و خشک جنوب، مشخص شده است که ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال نیاز حرارتی کم‌تری داشته‌اند (۲۴) و (۲۵).

در شرایط طبیعی (عادی) که احتمال وقوع تنش‌های زیستی و غیر زیستی وجود ندارد و گیاه دچار خوابیدگی نمی‌شود، مراحل فنولوژی طولانی‌تر مانند تعداد روزهای بیش‌تر تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک باعث تولید عملکرد بیش‌تری می‌شوند (۳ و ۱۱). از نظر مجموع طول روز (DL) در مراحل ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی بیش‌ترین مجموع طول روز مربوط به تاریخ کاشت‌های اول و دوم بود (جدول ۷). نکته قابل‌توجه در مورد این بود که در طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت سوم مجموع طول روز (DL) دریافتی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۷). در دوره پر شدن دانه‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع طول روز (DL) با عملکرد دانه در ارقام مختلف مشاهده شد (شکل ۲ الف)؛ در حالی‌که همبستگی معنی‌داری بین مجموع طول روز (DL) تا مرحله گلدهی با عملکرد دانه دیده نشد (شکل ۲ ب). در مراحل فنولوژی مورد بررسی بیش‌ترین مجموع طول روز (DL) دریافتی به ترتیب در ارقام احسان، معراج، تیرگان و کلاته مشاهده شد؛ در حالی‌که در طی پر شدن دانه بین ارقام تفاوتی معنی‌داری از نظر مجموع طول روز وجود نداشت (جدول ۷).

در طی پر شدن دانه، بین مجموع درجه روزهای رشد (GDD) با عملکرد دانه ارقام مختلف همبستگی مثبت و معنی‌داری ملاحظه گردید (شکل ۱ ب). این درحالی بود که در مرحله گلدهی همبستگی معنی‌داری بین مجموع درجه روزهای رشد (GDD) با عملکرد دانه مشاهده نشد (شکل ۱ ج). هم‌چنین در مرحله گلدهی همبستگی بالای مجموع درجه روزهای رشد (GDD) با زیست توده و ارتفاع گیاه، باعث خوابیدگی شدید در گیاهان به‌خصوص در دو تاریخ کاشت ابتدایی شد (شکل ۱ د، ه). رقم کلاته با توجه به میزان مجموع درجه روزهای رشد (GDD) دریافتی کم‌تر و ارتفاع کم‌تر آن، در سه تاریخ کاشت ابتدایی دارای درصد خوابیدگی کم‌تری نسبت به سایر ارقام بود و در سه تاریخ انتهایی هم دچار خوابیدگی نشد. درحالی‌که رقم احسان با توجه به دریافت GDD بیش‌تر و ارتفاع بلندتر در چهار تاریخ کاشت ابتدایی دارای خوابیدگی بیش‌تری نسبت به سایر ارقام بود (شکل ۱ و). با توجه به نتایج، تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شرایط بهینه‌ای برای GDD دریافتی، ارتفاع بوته و عملکرد ارقام مختلف فراهم کرده است. در مطالعه کلاته‌عربی و همکاران (۲۶) نیز با بررسی چهار تاریخ کاشت در دو رقم مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور (مغان ۳ و آرتا) مشخص شد که تاریخ کاشت‌های ۱۰ و ۳۰ آذر، بیشترین مقدار GDD را در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و دوره پر شدن دانه دریافت کرده‌اند. با مطالعه ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال (زاگرس- دیم و تجن-آبی) در کنار



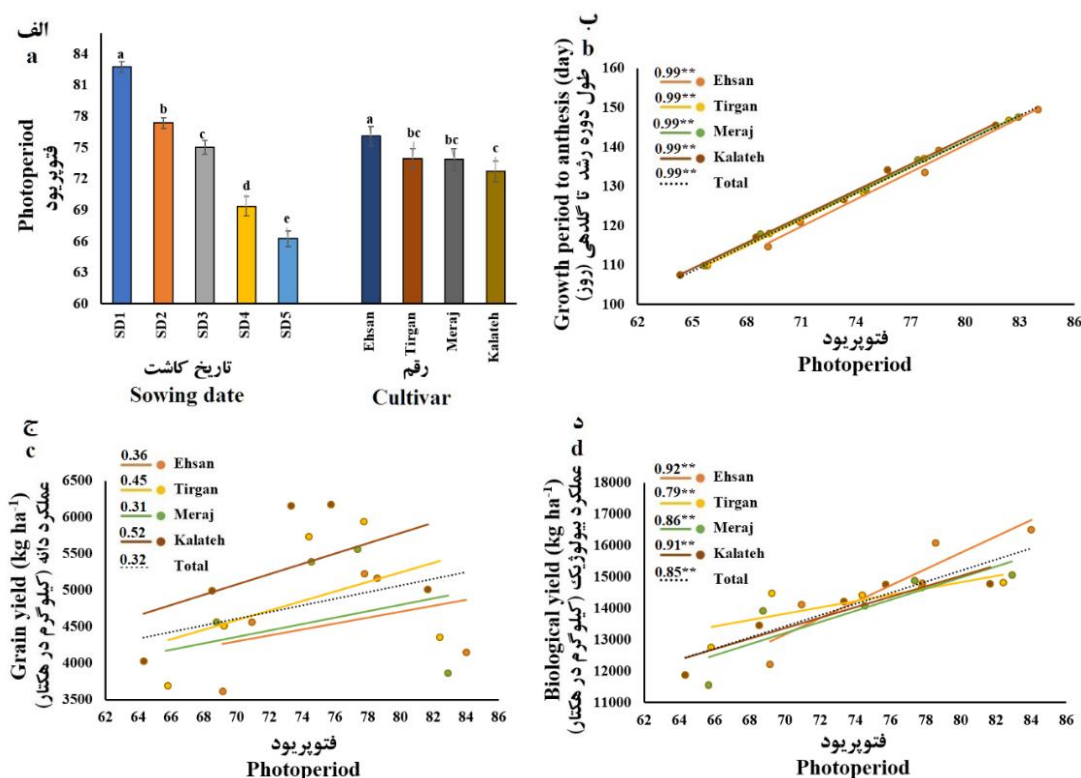
شکل ۲- همبستگی عملکرد دانه با مجموع طول روزها در دوره پر شدن دانه (الف) و مرحله گلدهی (ب).

Fig. 2. Relationship between grain yield and accumulated day length in grain filling period (a) and anthesis (b).

برده شوند (۴۷). به‌طور کلی PTU حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی بالقوه و HTU حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی واقعی می‌باشد (۱). در مراحل فنولوژی مورد بررسی بیشترین مقادیر مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) و مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU) در تاریخ کاشت‌های اول و دوم مشاهده شد. در طول دوره پر شدن دانه بیشترین مقادیر مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) مربوط به تاریخ کاشت سوم بود درحالی‌که تاریخ کاشت اول کمترین مقدار را داشت (جدول ۸). بنابراین تاریخ کاشت سوم شرایط بهینه را از نظر دما و استفاده از ساعات آفتابی بالقوه و ساعات آفتابی واقعی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام فراهم کرده است. دریافت مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) بیشتر در تاریخ کاشت‌های زودهنگام در مقایسه با تاریخ کاشت‌های دیرهنگام و تاخیری گزارش شده است (۲۷ و ۴۷). در دوره پر شدن دانه مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) و عملکرد دانه در ارقام مختلف، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (شکل ۴ ب). در صورتی‌که در مرحله گلدهی ارقام مختلف، همبستگی مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) با عملکرد از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۴ الف).

در گندم دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی علاوه بر دما تحت‌تاثیر فتوپریود نیز قرار می‌گیرد (۱، ۲۸). به عبارت دیگر گلدهی گندم حساس به فتوپریود و طول روز است (۵۶). واکنش نمودی گیاهان حساس به فتوپریود در طول روز معینی آغاز می‌شود و در طول روز معینی به حداکثر رسیده و سبب تسریع رشد گیاهان روز بلند مانند گندم می‌شود (۳۶). تاریخ کاشت اول بیشترین مقادیر فتوپریود را به خود اختصاص داد و در مقابل، تاریخ کاشت پنجم کمترین مقدار فتوپریود را داشت (شکل ۳ الف). در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین و کمترین مقادیر فتوپریود به‌ترتیب مربوط به ارقام احسان و کلاته بود (شکل ۳ الف). نتایج آزمون همبستگی نشان داد که همبستگی بالایی بین فتوپریود و تعداد روز تا گلدهی در ارقام مختلف وجود داشت (شکل ۳ ب). هم‌چنین بین فتوپریود با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری در هیچ‌یک از ارقام مشاهده نشد در حالی‌که همبستگی بین فتوپریود و عملکرد زیست توده مثبت و معنی‌دار بود (شکل ۳ ج و د).

از آن‌جا که ورود و گذر از هر مرحله فنولوژیک به‌دلیل تاثیر دما و طول دوره نوری صورت می‌گیرد، نیاز است که مجموع واحدهای حرارتی-نوری (PTU) و مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU) نیز برای پیش‌بینی مراحل دقیق بلوغ و گلدهی بکار

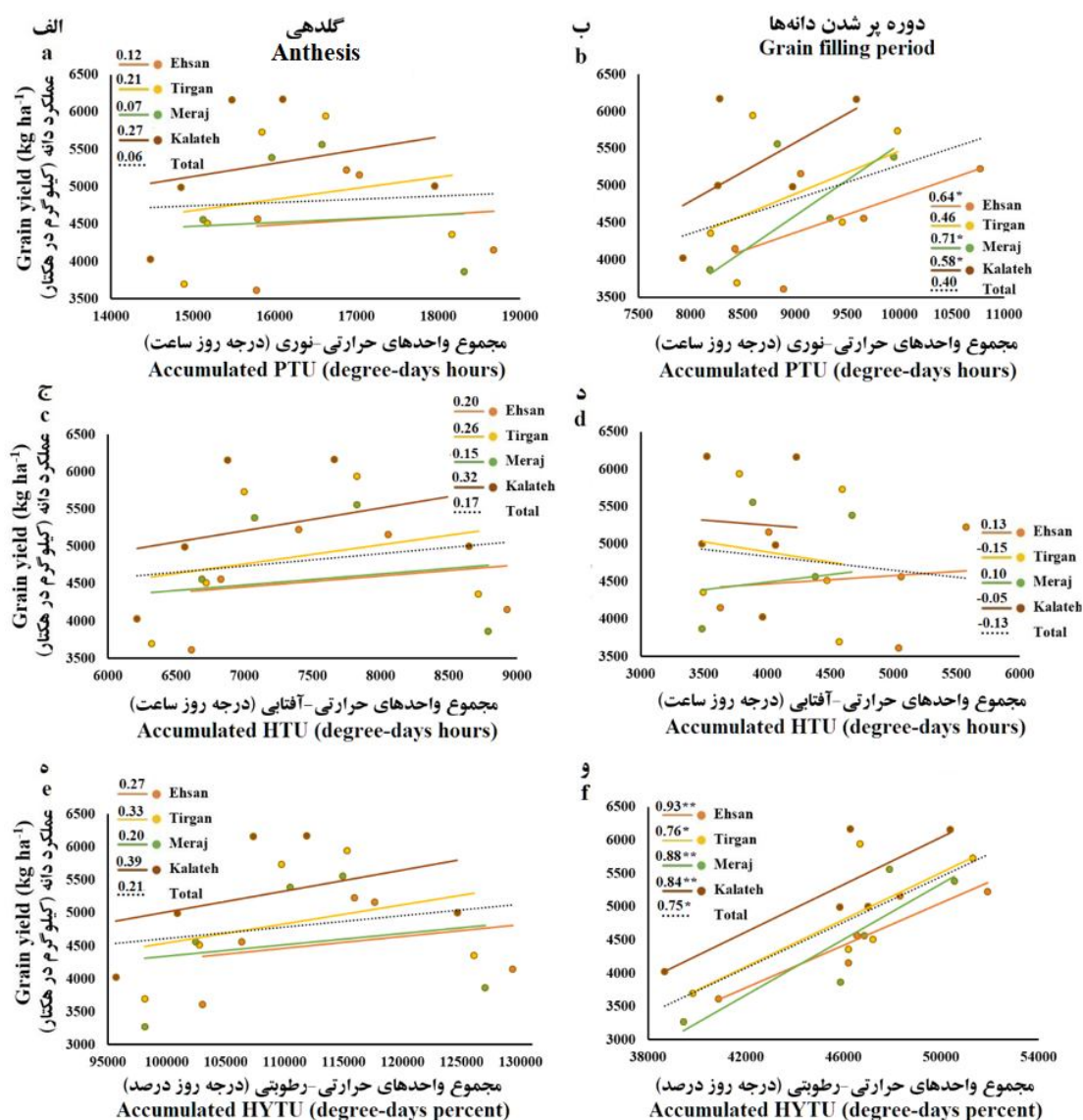


شکل ۳- فتوپریود در تاریخ‌های کاشت و ارقام (الف) و همبستگی آن با طول رشد تا گلدهی (ب)، عملکرد دانه (ج) و عملکرد بیولوژیک (د).

Fig. 3. Photoperiod at sowing dates and cultivars (a) and its relationship to growth period to anthesis (b), grain yield (c), and biological yield (d).

مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU) دریافتی در گیاهان در مراحل فنولوژی مورد بررسی به ترتیب، تاریخ کاشت ارقام بود ولی در دوره پرشدن دانه، تاریخ کاشت‌های دوم و سوم مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU) بیش‌تری دریافت کردند (جدول ۸). از آنجایی‌که در طول دوره پر شدن دانه، حداقل، حداکثر و میانگین رطوبت نسبی به‌ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافت (جدول ۶) حداکثر مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU) در تاریخ کاشت دوم و سوم نشان از شرایط بهینه استفاده از رطوبت و حرارت در طول دوره پر شدن دانه دارد که نقشی تعیین‌کننده در عملکرد دانه نهایی داشت (۱۹). در همین راستا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع واحدهای حرارتی-رطوبتی (HYTU) با عملکرد دانه در ارقام مختلف در دوره پر شدن دانه مشاهده شد (شکل ۴ و).

همان‌طور که گفته شد تاریخ کاشت زودهنگام باعث شده دوره پر شدن دانه با کاهش مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU) مواجه شود و همین عامل باعث کاهش عملکرد در تاریخ کاشت اول شد (جدول‌های ۵ و ۸). از طرفی افزایش مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU) در تاریخ کاشت‌های چهارم و پنجم با وجود کاهش معنی‌دار طول دوره پر شدن دانه به‌دلیل همپوشانی دماهای بالا و حداکثر ساعات آفتابی در طول دوره پر شدن دانه بوده است. به همین دلیل رابطه معنی‌داری بین مجموع واحدهای حرارتی-آفتابی (HTU) با عملکرد در مراحل گلدهی و دوره پر شدن دانه مشاهده نشد (شکل ۴ ج، د). کاهش HTU در مراحل مختلف فنولوژی گندم در اثر تاخیر در کاشت توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۴).



شکل ۴- همبستگی شاخص‌های زراعی-اقلیمی در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه.

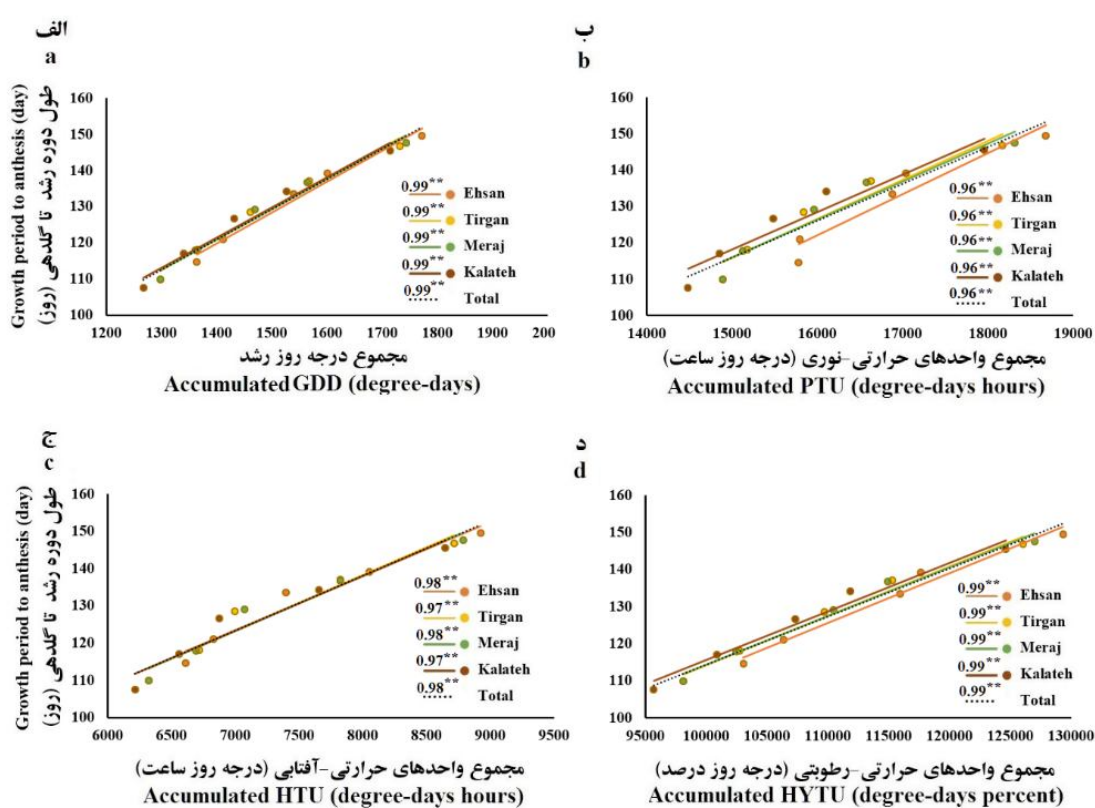
Fig. 4. Correlation between the agro-climatic indices at anthesis and grain filling period with grain yield.

شاخص‌های مذکور با طول دوره رشد ارقام ارتباط مستقیمی داشت، به طوری که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آن‌ها و تعداد روز تا مرحله گلدهی مشاهده شد (شکل ۵). بنابراین مقادیر بیشتر مجموع شاخص‌های زراعی-اقلیمی در رقم احسان و مقادیر کم‌تر رقم کلاته به ترتیب ناشی از تفاوت در دیررسی و زودرسی آن‌ها بود (جدول ۷). به طوری که طول دوره کاشت تا گلدهی رقم احسان در تاریخ کاشت

نتایج این پژوهش نشان داد که در مراحل فنولوژیک مورد بررسی و هم‌چنین در دوره پر شدن دانه، بیش‌ترین شاخص‌های زراعی-اقلیمی شامل مجموع درجه روز رشد (GDD)، مجموع واحد حرارتی-نوری (PTU)، مجموع واحد حرارتی-آفتابی (HTU) و مجموع واحد حرارتی-رطوبتی (HYTU) به ترتیب در ارقام احسان، معراج، تیرگان و کلاته مشاهده شد (جدول ۸). مجموع واحدهای

رقم کلاته نسبت به رقم احسان این است که رقم کلاته به علت زودرسی، دوره پر شدن دانه را در شرایط آب و هوایی ملایمی انجام داده است به طوری که حداقل، حداکثر و میانگین دما در طول پر شدن دانه در رقم کلاته کم‌تر از احسان بود و از طرف دیگر در همین دوره رطوبت نسبی برای رقم کلاته بیش‌تر از رقم احسان بود (جدول ۶).

اول ۵ روز، در تاریخ کاشت دوم ۶ روز، در تاریخ کاشت سوم ۶/۹ روز، در تاریخ کاشت چهارم ۴ روز و در تاریخ کاشت پنجم ۷/۱ روز بیش‌تر از رقم کلاته بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). با در نظر گرفتن این نکته که دو رقم احسان و کلاته در هر یک از تاریخ‌های کاشت با هم تفاوت معنی‌داری از نظر طول دوره پر شدن دانه نداشتند، علت کاهش مجموع شاخص‌های زراعی-اقلیمی در دوره پر شدن دانه در



شکل ۵- همبستگی شاخص‌های زراعی-اقلیمی و طول دوره رشد در مرحله گلدهی.

Fig. 5. Correlation between the agro-climatic indices and growth period at anthesis.

انرژی در مراحل، ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سایر تاریخ‌ها بود (جدول ۸). در دوره پر شدن دانه نیز بیش‌ترین مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) نشان داد که کارایی مصرف

نتایج شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) نشان داد که کارایی مصرف

در تاریخ کاشت اول، ارقام مختلف دچار خوابیدگی بوته شدیدی شدند. در طی پرشدن دانه در ارقام مختلف تاریخ کاشت سوم بیش‌ترین مقادیر را از نظر شاخص‌های زراعی - اقلیمی شامل مجموع درجه روزهای رشد (GDD)، مجموع طول روز (DL)، مجموع واحد حرارتی-نوری (PTU)، مجموع واحد حرارتی-رطوبتی (HYTU) را به خود اختصاص داد. درحالی‌که تاریخ کاشت دوم حداکثر کارایی مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) داشت. بنابراین تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شرایطی بهینه، از نظر مجموع پارامترهای اقلیمی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام مختلف فراهم نمود. عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول به دلیل خوابیدگی شدید بوته‌ها و در تاریخ کاشت‌های چهارم و پنجم به دلیل مواجهه با تنش‌های گرما و خشکی انتهایی و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها کاهش یافت. با توجه به نتایج این پژوهش تاریخ کاشت زودتر از ۲۵ آبان باعث کاهش عملکرد ارقام بهاره مورد بررسی شد. بنابراین برای کاشت زود هنگام در منطقه باید به دنبال ورود لاین‌هایی با تیپ رشد بینابینی و زمستانه به برنامه اصلاحی گندم اقلیم گرم و مرطوب شمال باشیم. علاوه بر تاریخ کاشت، اصلاح ارقام مناسب با شرایط اقلیمی منطقه نیز نقشی تعیین‌کننده در افزایش عملکرد دارد. نکته دارای اهمیت کاهش طول دوره رشد رقم کلاته بدون تغییر در طول دوره پر شدن دانه بود که باعث فرار از تنش‌های گرما و خشکی انتهایی، افزایش کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه شد به همین خاطر این رقم برای کشت در مناطق کم‌باران شمالی استان گلستان در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم بسیار مناسب و قابل توصیه است. بنابراین تاریخ کاشت و رقم مناسب از عوامل

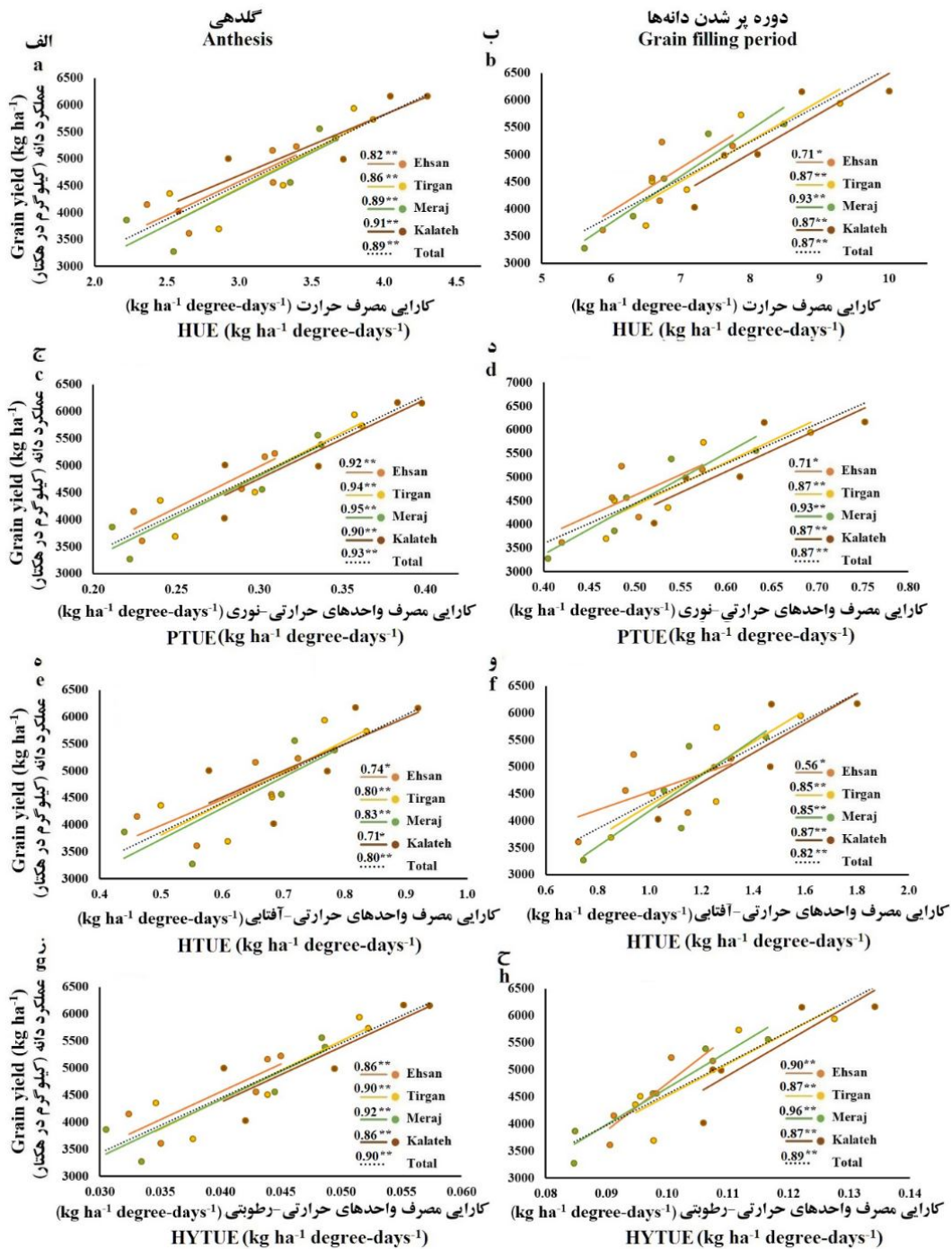
(HTUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE)، و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم مشاهده شد (جدول ۸). کارایی مصرف انرژی و تأثیر آن بر عملکرد دانه تابع عوامل ژنتیکی و تنظیم مراحل فنولوژی گیاه از طریق انتخاب تاریخ کاشت مناسب است و در شرایط تاریخ کاشت نامناسب کاهش می‌یابد (۴۸ و ۴۹). کاشت زود هنگام باعث می‌شود گیاه در دوره پر شدن دانه، نتواند از حداکثر درجه روز رشد استفاده کند در حالی‌که در تاریخ کاشت‌های دیر هنگام به دلیل کوتاه شدن مراحل فنولوژیک گیاه درجه روز رشد (GDD) کم‌تری دریافت کرده و در نتیجه کاهش عملکرد نمی‌تواند حداکثر کارایی انرژی را داشته باشد (۲۰). در تمام مراحل فنولوژیک و دوره پر شدن دانه ارقام کلاته و احسان به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی مصرف انرژی را داشتند (جدول ۸). در ارقام مختلف در مرحله گلدهی و طول دوره پر شدن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف حرارت (HUE)، کارایی مصرف حرارتی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف حرارتی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف حرارتی-رطوبتی (HYTUE) با عملکرد دانه ملاحظه گردید (شکل ۶). این نتایج نشان می‌دهند که انتخاب تاریخ کاشت مناسب گندم در مدیریت شرایط آب و هوایی حاکم بر منطقه بسیار تعیین‌کننده است و منجر به حداکثر کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه خواهد شد (۵۲).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که طول دوره پر شدن دانه در سه تاریخ کاشت ابتدایی تحت تأثیر قرار نگرفت و تاریخ کاشت‌های دوم و سوم شرایط مطلوبی از نظر ارتفاع گیاه و مقاومت به خوابیدگی برای ارقام مختلف فراهم کرد؛ به‌طوری‌که

آب هوایی استان گلستان برای کشت در برخی مناطق، سازگاری و ارجحیت دارند.

مهم مدیریت دوره پر شدن دانه گندم در استان گلستان محسوب می‌شوند. لازم به ذکر است هریک از ارقام استفاده شده در این پژوهش با توجه به تنوع



شکل ۶- همبستگی کارایی مصرف انرژی در شاخص‌های زراعی-اقلیمی و عملکرد دانه گندم.

Fig. 6. Correlation between energy use efficiency in agro-climatic indices and grain yield of wheat.

منابع

1. Ahmad, L., Kanth, R.H., Parvaze, S. and Mahdi, S.S. 2017. Growing Degree Days to Forecast Crop Stages. P 95-98, In: L. Ahmad., R.H. Kanth., S. Parvaze and S.S. Mahdi (eds.), Experimental Agrometeorology, A Practical Manual, Springer, Jammu and Kashmir.
2. Ahmadi, K., Abadzadeh, H., Abdashah, H., Kazemian, A. and Rafiee, M. 2018. Agricultural Statistics in Crop Season 2016-2017. Publications Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. 124p. (In Persian)
3. Ahmadi, M., Kamkar, B., Soltani, A., Zeynali, E. and Arabameri, R. 2010. The effect of planting date on duration of phenological phases in wheat cultivars and it's relation with grain yield. J. Plant Prod. 17: 2. 109-122. (In Persian)
4. Amrawat, T., Solanki, N., Sharma, S., Jajoria, D. and Dotaniya, M. 2013. Phenology growth and yield of wheat in relation to agrometeorological indices under different sowing dates. Afr. J. Agric. Res. 8: 6366-6374.
5. Andarzian, B., Hoogenboom, G., Bannayan, M., Shirali, M. and Andarzian, B. 2015. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. J. Saudi. So. Agri. Sci. 14: 189-199.
6. Aslam, M.A., Ahmed, M., Stöckle, C.O., Higgins, S.S. and Hayat, R. 2017. Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology? Front. Environ. Sci. 5: 57.
7. Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D., Kimball, B., Ottman, M.J., Wall, G. and White, J.W. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. Nat. Clim. Chang. 5: 143.
8. Barlow, K., Christy, B., O'leary, G., Riffkin, P. and Nuttall, J. 2015. Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. Field Crops Res. 171: 109-119.
9. Barnabás, B., Jäger, K. and Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant Cell Environ. 31: 11-38.
10. Bauer, A., Fanning, C., Enz, J.W. and Eberlein, C. 1984. Use of growing-degree days to determine spring wheat growth stages. Extension bulletin-North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, Cooperative Extension Service (USA). 37: 1-12.
11. Camargo, A.V., Mott, R., Gardner, K.A., Mackay, I.J., Corke, F., Doonan, J.H., Kim, J.T. and Bentley, A.R. 2016. Determining phenological patterns associated with the onset of senescence in a wheat MAGIC mapping population. Front. Plant Sci. 7: 1540.
12. Daba, K., Warkentin, T.D., Bueckert, R., Todd, C.D. and Tar'an, B. 2016. Determination of photoperiod-sensitive phase in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Front. Plant Sci. 7: 478.
13. Farooq, M., Bramley, H., Palta, J.A. and Siddique, K.H. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. Crit. Rev. Plant. Sci. 30: 491-507.
14. Farooq, M., Hussain, M. and Siddique, K.H. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. Crit. Rev. Plant. Sci. 33: 331-349.
15. Fischer, R.A. and Stapper, M. 1987. Lodging effects on high-yielding crops of irrigated semidwarf wheat. Field Crops Res. 17: 245-258.
16. Food and Agriculture Organization (FAO) 2019: Available <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Last accessed 12 October 2019.
17. Ghaffari, A. and Jalal Kamali, M. 2013. Wheat Productivity in Islamic Republic of Iran: Constraints and opportunities. P 98-111. In R. Paroda., S. Dasgupta., B. Mal., S.S. Singh, M.L. Jat. and G. Singh (eds.) Proceedings of the Regional Consultation on Improving Wheat Productivity in Asia, Bangkok, Thailand.
18. Gouache, D., Le Bris, X., Bogard, M., Deudon, O., Pagé, C., and Gate, P. 2012. Evaluating agronomic adaptation options to increasing heat stress under climate change during wheat grain filling in France. Eur. J. Agron. 39: 62-70.

19. Gudadhe, N., Kumar, N., Pisal, R., Mote, B. and Dhonde, M. 2013. Evaluation of agrometeorological indices in relation to crop phenology of cotton (*Gossipium* spp.) and chickpea (*Cicer aritinum* L.) at Rahuri region of Maharashtra. Trends Biosci. 6: 246-250.
20. Gupta, M., Sharma, C., Sharma, R., Gupta, V. and Khushu, M. 2017. Effect of sowing time on productivity and thermal utilization of mustard (*Brassica juncea*) under sub-tropical irrigated conditions of Jammu. J. Agrometeorol. 19: 137-141.
21. IPCC. 2018. Global Warming of 1.5° C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, Intergovernmental Panel on Climate Change. 616p.
22. Isidro, J., Álvaro, F., Royo, C., Villegas, D., Miralles, D.J. and García del Moral, L.F. 2011. Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield. Ann. Bot. 107: 1355-1366.
23. Jagadish, K.S., Kishor, K., Polavarapu, B., Bahuguna, R.N., von Wirén, N. and Sreenivasulu, N. 2015. Staying alive or going to die during terminal senescence-an enigma surrounding yield stability. Front. Plant Sci. 6: 1070.
24. Jalal Kamali, M.R. and Sharifi, H.R. 2010. Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions II: Yield and yield components. Seed Plant Prod. J. 26: 1. 1-23. (In Persian)
25. Jalal Kamali, M.R., Sharifi, H.R., Khodarahmi, M., Jokar, R., Torkaman, H. and Ghavidel, N. 2007. Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions I: Phenology. Seed Plant Prod. J. 23: 4. 445-472. (In Persian)
26. Kalateh-Arabi, M., Sheikh, F., Soqi, H. and Hivehchie, J. 2011. Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan in Iran. Seed Plant Prod. J. 27: 285-296. (In Persian)
27. Khushu, M., Naseer-U-Rahman, Singh, M., Prakash, A., Tiku, A. and Bali, A. 2008. Thermal time indices for some mustard genotypes in the Jammu region. J. Agrometeorol. 10: 224-227.
28. Kirby, E., Spink, J., Frost, D., Sylvester-Bradley, R., Scott, R., Foulkes, M., Clare, R. and Evans, E. 1999. A study of wheat development in the field: analysis by phases. Eur. J. Agron. 11: 63-82.
29. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Sharifi, H.R., Zand, E. and Kamali, G. 2001. A simulation study for growth, phenology and yield of wheat cultivars under the doubled CO₂ concentration in Mashhad conditions. Desert. 6: 2. 117-127. (in Persian)
30. LI, Q.Y., Jun, Y., Liu, W.D., Zhou, S.M., Lei, L., Niu, J.S., Niu, H.B. and Ying, M. 2012. Determination of optimum growing degree-days (GDD) range before winter for wheat cultivars with different growth characteristics in North China Plain. J. Integr. Agric. 11: 405-415.
31. Liu, B., Liu, L., Asseng, S., Zou, X., Li, J., Cao, W. and Zhu, Y. 2016. Modelling the effects of heat stress on post-heading durations in wheat: A comparison of temperature response routines. Agric. For. Meteorol. 222: 45-58.
32. Liu, B., Liu, L., Tian, L., Cao, W., Zhu, Y. and Asseng, S. 2014. Post-heading heat stress and yield impact in winter wheat of China. Global Change Biology 20: 372-381.
33. Lobell, D.B., Schlenker, W. and Costa-Roberts, J. 2011. Climate trends and global crop production since 1980. Science. 333: 616-620.
34. Mkhabela, M., Ash, G., Grenier, M. and Bullock, P. 2016. Testing the suitability of thermal time models for forecasting

- spring wheat phenological development in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 96: 765-775.
35. Parmesan, C. and Hanley, M.E. 2015. Plants and climate change: complexities and surprises. *Ann. Bot.* 116: 849-864.
 36. Pérez-Gianmarco, T.I., Slafer, G.A. and González, F.G. 2018. Wheat pre-anthesis development as affected by photoperiod sensitivity genes (Ppd-1) under contrasting photoperiods. *Funct. Plant Bio.* 45: 645-657.
 37. Plant Improvement Section in Golestan Agricultural Jihad Organization. 2019. Wheat statistics in Golestan province. Dedicated access.
 38. Plaut, Z., Butow, B., Blumenthal, C. and Wrigley, C. 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crops Res.* 86: 185-198.
 39. Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M. and Slafer, G. 2012. Achieving yield gains in wheat. *Plant Cell Environ.* 35: 1799-1823.
 40. Sadras, V.O. and Monzon, J.P. 2006. Modelled wheat phenology captures rising temperature trends: Shortened time to flowering and maturity in Australia and Argentina. *Field Crops Res.* 99: 136-146.
 41. Salazar-Gutierrez, M., Johnson, J., Chaves-Cordoba, B. and Hoogenboom, G. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. *Int. J. Plant Prod.* 7: 741-762.
 42. SAS Institute. 2011. *STAT 9.3 User's guide*. SAS Inst., Cary, NC. USA.
 43. Semenov, M.A. and Stratonovitch, P. 2013. Designing high-yielding wheat ideotypes for a changing climate. *Food Energy Secur.* 2: 185-196.
 44. Seyed Ahmadi, A.R., Gharineh, M.H. Bakhshandeh, A.M., Fathi, Gh. and Naderi, A. 2012. Study of phenological and growth of canola cultivars to thermal unit accumulation in three planting dates Ahvaz climate. *J. Plant Prod.* 19: 4. 97-116. (In Persian)
 45. Sharifi, H.R. 2016. Response of phenological development stages, grain yield and yield components of bread wheat cultivars with different growth habits to delayed planting. *Seed and Plant Prod. J.* 32: 21-44. (In Persian)
 46. Sikder, S. 2009. Accumulated heat unit and phenology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. *J. Agric. Rural Dev.* 7: 1&2. 59-64.
 47. Singh, M.P. and Singh, N. 2014. Thermal requirement of indian mustard (*Brassica juncea*) at different phenological stages under late sown condition. *Indian J. Plant Physiol.* 19: 238-243.
 48. Singh, M. and Bhatia, H. 2011. Thermal time requirements for phenophases of apple genotypes in Kullu valley. *J. Agrometeorol.* 13: 46-49.
 49. Singh, S., Kingra, P. and Singh, S.P. 2016. Heat unit requirement and its utilisation efficiency in wheat under different hydrothermal environments. *Ann. Agric. Res.* 37: 1-11.
 50. Slafer, G., Abeledo, L., Miralles, D., Gonzalez, F. and Whitechurch, E. 2001. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. P 487-496. In , Z. Bedo and L. Lang (eds.), *Wheat in a global environment*, Springer. Dordrecht.
 51. Slafer, G.A. 2012. Wheat development: its role in phenotyping and improving crop adaptation. P 107-121. In: M.P. Reynolds., A.J.D. Pask., and D.M. Mullan (eds.), *Physiological breeding I: interdisciplinary approaches to improve crop adaptation*. CIMMYT: Mexico-Veracruz, Mexico.
 52. Solanki, N.S., Samota, S.D., Chouhan, B.S. and Nai, G. 2017. Agrometeorological indices, heat use efficiency and productivity of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by dates of sowing and irrigation. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 6: 3. 176-180.
 53. Sylvester-Bradley, R., Riffkin, P. and O'Leary, G. 2012. Designing resource-efficient ideotypes for new cropping conditions: wheat (*Triticum aestivum* L.)

- in the high rainfall zone of southern australia. *Field Crops Res.* 125: 69-82.
54. Wang, X., Vignjevic, M., Liu, F., Jacobsen, S., Jiang, D. and Wollenweber, B. 2015. Drought priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought and heat stresses occurring during grain filling in spring wheat. *Plant Growth Regul.* 75: 677-687.
55. Warthinhton, C. and Hatchinson, C. 2005. Accumulated degree days as a model to determine key development stages and evaluate yield and quality of potato in Northeast Florida. *Proceedings of State Horticulture Society*, 118: 98-101.
56. Zhang, X., Gao, M., Wang, S., Chen, F. and Cui, D. 2015. Allelic variation at the vernalization and photoperiod sensitivity loci in Chinese winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Front. Plant Sci.* 6: 470.

